

LAS PRODUCCIONES ALTOIMPERIALES DE TERRA SIGILLATA HISPANICA DORADA (TSHD) Y TERRA SIGILLATA HISPANICA (TSH) DE CLUNIA SEGÚN SU CARACTERIZACIÓN ARQUEOMÉTRICA

EARLY EMPIRE GOLDEN HISPANIC TERRA SIGILLATA (GHTS) AND HISPANIC TERRA SIGILLATA (HTS) PRODUCTION FROM CLUNIA AFTER THEIR ARCHAEOLOGICAL CHARACTERISATION

Jaume Buxeda i Garrigós (1) / Francisco Tuset Bertran (2)

(1) *Cultura Material i Arqueometria UB (ARQ|UB) (GRACPE), Dpto. de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia, Universitat de Barcelona*

(2) *Yacimiento Arqueológico Colonia Clunia Sulpicia, Diputación Provincial de Burgos (Peñalba de Castro, Burgos)*

Dpto. de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia, Universitat de Barcelona

RESUMEN: La ciudad romana de Clunia constituye uno de los yacimientos principales de época romana en la Meseta y sus excavaciones han proporcionado una secuencia que permite trazar un esquema básico de las producciones cerámicas que, desde época altoimperial hasta el Bajo Imperio, aparecen en esta área. El presente trabajo aborda la caracterización arqueométrica de la Terra Sigillata Hispanica Dorada (TSHD) y de la Terra Sigillata Hispanica (TSH), altoimperial, mediante Fluorescencia de Rayos X, Difracción de Rayos X y Microscopía Electrónica de Barrido. Los resultados muestran una gran diversidad de producciones dentro de la TSHD, así como una menor diversidad en la TSH. Además, se constata que prácticamente no existe relación entre ambos tipos, entre los cuales existen importantes diferencias tecnológicas.

SUMMARY: The Roman town of Clunia is one of the main Roman sites in the Meseta. Here, the archaeological excavations have revealed an important sequence of pottery productions from the Early Empire to the Late Empire, which is relevant for the whole area of central Iberian Peninsula. The present study is devoted to the Golden Hispanic Terra Sigillata (GHTS) and to the Hispanic Terra Sigillata (HTS), dated back to the Early Empire. The sampled individuals have been characterized by X-Ray Fluorescence, X-Ray Diffraction, and Scanning Electron Microscopy. The results exhibit a high diversity of GHTS productions, as well as a lower diversity of HTS ones. Moreover, it appears to exist almost no relation between both types, neither from the technological point of view.

PALABRAS CLAVE: Clunia, Terra Sigillata Hispanica Dorada, Terra Sigillata Hispanica, fluorescencia de rayos X, difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido.

Key words: Clunia, Golden Hispanic Terra Sigillata, Hispanic Terra Sigillata, X-ray fluorescence, X-ray diffraction, Scanning Electron Microscopy.

I. INTRODUCCIÓN

La *Colonia Clunia Sulpicia*, Clunia, se encuentra en el valle del Duero, en la actual población de Peñalba de Castro (Burgos) y fue la capital del *Conventus Iuridicus* de Clunia en la provincia romana de la *Tarraconensis* (Palol 1994). Fundada probablemente durante el gobierno de Augusto, a fines del s. I a. C., aunque los restos arqueológicos se remontan únicamente a la primera mitad del s. I d. C., fue declarada Colonia posiblemente bajo el

gobierno de Galba (el 68 d. C.), siendo deshabitada en el s. VI.

Las excavaciones en esta ciudad han permitido revelar la presencia de la Terra Sigillata Hispanica (TSH) altoimperial en conjuntos datados desde el último cuarto del s. I d. C. hasta mediados del s. II, momento en que es substituida por la Terra Sigillata Hispanica Avanzada (TSHA), que extenderá su presencia hasta finales del s. III¹. Paralelamente, asociada a la producción de TSH

¹ El estudio arqueológico de estos materiales corresponde a la Tesis Doctoral inédita: TUSET BERTRAN, F. 1991: *La Terra Sigillata de Clunia. Una propuesta metodológica para el estudio de las producciones altoimperiales*. Vol. I Texto, Vol. II Ilustraciones. Tesis Doctoral. Barcelona.

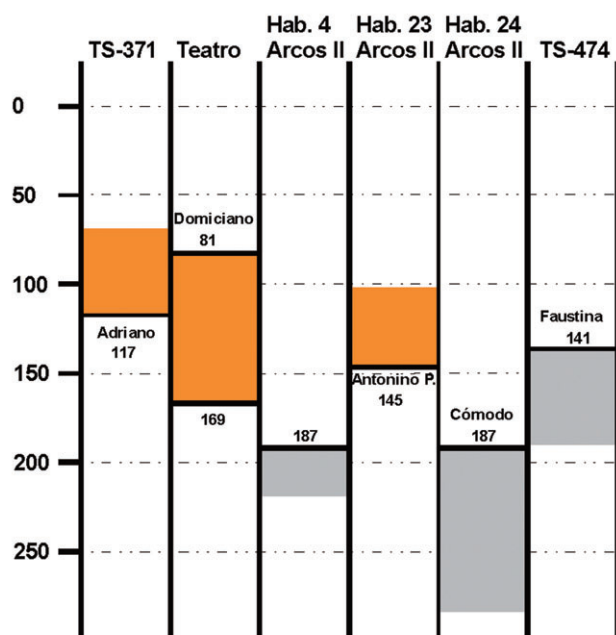


Fig. 1. Contextos de procedencia de los materiales analizados, con su posible datación.

aparece, en general, la Terra Sigillata Hispanica Dorada (TSHD), que parece así compartir cronología con la TSH. Sin embargo, esta última producción, que presenta unas características muy particulares que la diferencian claramente de la Terra Sigillata, sigue siendo hasta el presente uno de los tipos cerámicos menos conocidos de la arqueología romana peninsular. A grandes rasgos, la TSHD se caracteriza por la presencia de un barniz brillante de color dorado o avellana que le ha valido como base para las múltiples denominaciones que ha recibido tradicionalmente (Fernández y Zarzalejos 2008) y que, en el caso de Clunia, le ha llevado de su denominación inicial de Dorada cluniense a la actual de TSHD (ver nota 1).

La existencia de unos contextos que permitiesen esbozar esta sucesión de producciones en un yacimiento significativo de la Meseta llevó a la elaboración de un amplio programa de caracterización arqueométrica para poder determinar los centros productores, así como la tecnología empleada en su fabricación, que pudiera servir de esquema vertebrador para un mejor conocimiento arqueológico de la cerámica romana altoimperial, hasta fines del s. III. En unos primeros resultados sobre la producción de TSHA se comprobó la existencia mayoritaria de importaciones del valle del

Ebro, de los talleres de Tricio, junto con otras producciones, minoritarias, pero significativas, que se asociaban con el valle del Duero (Buxeda 1995; Tuset y Buxeda 1995). Posteriormente, dentro de este programa arqueométrico, se procedió a la caracterización de la producción de la cerámica de tradición celtibérica del taller cluniense de Los Pedregales, ya que constituía una producción de segura manufactura local. Este taller había sido ya descubierto en 1915-1916, cuando se encontró un testar en el lugar conocido como Los Pedregales, que le dio nombre, y fue excavado en 1958 y en 1967-68, fechándose su período de actividad en los s. I-II d. C. Los resultados de su caracterización arqueométrica mostraron la existencia de tres producciones diferenciadas únicamente por sus contenidos de calcio, pero siempre dentro del grupo tecnológico de la cerámicas calcáreas (Buxeda *et al.* 2005). En este sentido, las cerámicas de Los Pedregales presentaban diferencias significativas respecto de la TSHA, y especialmente de las producciones asociadas con el valle del Duero, tecnológicamente pertenecientes a las cerámicas poco calcáreas, pero a pesar de ello mostraban unos valores de magnesio significativamente bajos, lo que parece ser una constante en las producciones cerámicas romanas del valle del Duero.

Así, el presente trabajo presenta los resultados sobre las producciones restantes altoimperiales, la TSHD y la TSH, que han de permitir vertebrar este primer esquema sobre las producciones cerámicas en la zona central de la Península Ibérica.

II. MUESTREO Y TÉCNICAS ANALÍTICAS

Para el presente estudio, se procedió a tomar una muestra de veinticuatro individuos de TSHD y cincuenta y tres de TSH (Tabla 1), procedentes de diferentes contextos arqueológicos. A grandes rasgos, estos contextos son el TS-371, el Teatro y la habitación 23 del conjunto termal de los Arcos II (Figura 1). Estos conjuntos, fechados de último cuarto del s. I a mediados de s. II son los conjuntos donde la TSHD y la TSH aparecen como materiales de circulación, si bien el conjunto TS-371 carece en absoluto de TSHD. Paralelamente, los conjuntos de las habitaciones 4 y 24 de los Arcos

Contextos		1-1	1-2	Out-1	O-PL	G1	Ebro	O-44	G2	157	Total
TS-371	TSHD										
	TSH					1	15				16
Teatro	TSHD	9	2	2	1			1	3		18
	TSH					3	15		1		19
Arcos II	TSHD	1	2				1				4
	TSH						16		1	1	18
TS-474	TSHD	1	1								2
	TSH										
Total	TSHD	11	5	2	1		1	1	3		24
	TSH					4	46		2	1	53

Tabla 1. Tabla de individuos incluidos en la muestra según su tipo (TSHD o TSH) y el contexto de su procedencia. La clasificación se da en las agrupaciones definidas en el trabajo arqueométrico.

II y el TS-474, de segunda mitad de s. II – s. III, corresponden a los niveles de irrupción de la TSHA, que dominará totalmente estos conjuntos, en los cuales la presencia de TSHD y TSH parece corresponder a materiales ya residuales (ver nota 1).

Para su caracterización arqueométrica, todos los individuos fueron mecánicamente desprendidos de sus capas superficiales, siendo posteriormente pulverizados y homogeneizados mediante un molino de bolas con celda de carburo de tungsteno. La composición química del material se determinó por Fluorescencia de Rayos X (FRX) a partir del polvo secado previamente en una estufa a 105 °C durante 12 h. Para la determinación de los elementos mayores y menores, se hicieron preparaciones de perlas de 30 mm de diámetro, utilizando 0.3 g de espécimen en fusión alcalina con 5.7 g de tetraborato de litio ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$) (dilución 1/20) en un horno de inducción de alta frecuencia Phillips Perl'X-2 a una temperatura máxima de 1125 °C. Para la determinación de los elementos traza y el sodio, se hicieron preparaciones de pastillas a partir del espécimen anteriormente preparado, seco y de tamaño de grano < 80 µm, mezclado con 2 ml de una solución de resina sintética n-butilmetracrilato (Elvacite 2044, en 20 % de acetona). Esta mezcla, homogeneizada manualmente en un mortero de ágata hasta la sequedad, y depositado sobre una base de ácido bórico (H_3BO_3) en un recipiente de aluminio de 40 mm de diámetro, fue sometida a una presión de 40 kN durante 60 s en una prensa Herzog. La cuantificación se realizó con un espectrofotómetro Philips

PW 1400, con fuente de excitación de Rh y Au, utilizando una recta de calibración configurada con 60 patrones (Estándares Geológicos Internacionales). Así, se determinaron las concentraciones de: Fe_2O_3 (como Fe total), Al_2O_3 , MnO, P_2O_5 , TiO_2 , MgO, CaO, Na_2O , K_2O , SiO_2 , Ba, Rb, Mo, Th, Nb, Pb, Zr, Y, Sr, Sn, Ce, Co, Ga, V, Zn, W, Cu, Ni y Cr. Igualmente se calculó la pérdida al fuego (PAF) a partir de calcinaciones a 950 °C durante 3 h de 0.3 g de los especímenes secos (Buxeda 1995).

La composición mineralógica de todos los individuos fue estudiada mediante Difracción de Rayos X (DRX) utilizando el método de polvo a partir de los especímenes preparados con anterioridad. Se utilizó un difractómetro Siemens D 500 trabajando con la radiación $\text{K}\alpha$ del Cu ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$), con un monocromador de grafito en el haz difractado y una potencia de trabajo de 1.2 kW (40 kV, 30 mA). Las mediciones se realizaron entre (4 y 70) $^\circ 2\theta$ con un tamaño de paso de $0.05^\circ 2\theta$ y un tiempo de 3 s. Las evaluaciones de las fases cristalinas presentes se han realizado mediante el paquete de programas DIFFRAC/AT de Siemens que incluye el banco de datos del *International Centre for Diffraction Data-Joint Committee of Powder Diffraction Standard*, 2006 (ICDD-JCPDS).

Una selección de individuos de TSHD fue posteriormente analizada por Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) para su caracterización tecnológica. Se hicieron preparaciones de fracturas frescas, transversales al sentido del modelado, para la observación de la microestructura y el estado de

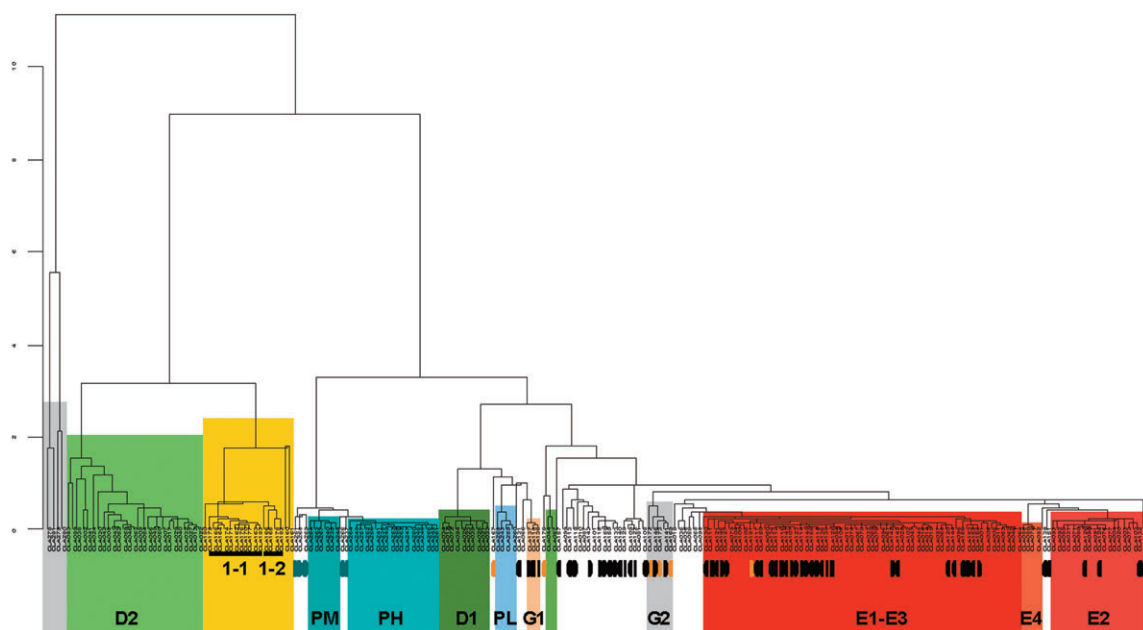


Fig. 2. Dendrograma resultante del análisis de conglomerados tras la transformación CLR.

sinterización, empleando un microscopio Jeol JSM-840. Igualmente, se hicieron preparaciones de secciones pulidas para su observación con detector de electrones retrodispersados y su microanálisis por dispersión de energías de rayos X, empleando un microscopio Stereoscan S-360 acoplado a un analizador INCA Energy Serie 200 de Oxford Instruments. Los especímenes fueron recubiertos con carbono y las observaciones se realizaron trabajando a 20 kV y 1 nA.

III. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

Los resultados del análisis químico por FRX corresponden a un caso especial del espacio proyectivo $d+1$ -dimensional, el simplex S^d , en el cual los puntos proyectivos están representados por coordenadas homogéneas que tienen una suma constante y cuyo espacio vectorial es el ortante positivo, siguiendo un modelo multiplicativo con una métrica de intervalos logarítmicos (Barceló-Vidal *et al.* 2001; Aitchison 2005; Buxeda 2008). Debido a ello, para su tratamiento estadístico los datos se han transformado utilizando la transformación CLR en logaritmos de razones centrados (Aitchison 1986; Buxeda 1999).

Para el tratamiento estadístico, los componentes Mo y Sn no han sido considerados por in-

determinaciones e imprecisiones analíticas, mientras que los componentes W y Co han sido excluidos por posibles contaminaciones derivadas del proceso de pulverización. Tampoco no ha sido considerado el valor de la pérdida al fuego.

Como resumen del tratamiento estadístico presentamos el dendrograma resultante del análisis de conglomerados realizado sobre la subcomposición retenida, exceptuando el P_2O_5 , el Pb y el Cu por posibles contaminaciones, con transformación CLR, empleando la distancia euclidiana al cuadrado y el algoritmo aglomerativo del centroide. El dendrograma (Figura 2) incluye los individuos del banco de datos comparativos existente para Clunia, que incluye ciento seis individuos de TSHA, treinta y tres del taller de Los Pedregales y cuatro muestras de arcillas. El estudio de los resultados permite reconocer las agrupaciones o unidades de referencia composicional de pasta (URCP) (Tabla 1) E1-E3, E2 y E4 de TSHA, asociadas con el valle del Ebro y, en concreto, con el conjunto de Tricio, las URCP de TSHA D1 y D2, asociadas con el valle del Duero, y los grupos de referencia (GR) PL, PM y PH, del taller de Los Pedregales.

Indicados en amarillo figuran los individuos pertenecientes a la TSHD. Su observación permite reconocer dos agrupaciones principales 1-1 y 1-2,

	1-1 (n=11)		1-2 (n=4)		G1 (n=3)		G2 (n=5)	
	Media	DesvEst	Media	DesvEst	Media	DesvEst	Media	DesvEst
Fe ₂ O ₃ (%)	3.74	0.15	4.21	0.13	5.01	0.19	5.49	0.33
Al ₂ O ₃ (%)	20.85	1.22	21.62	2.10	18.36	0.81	20.33	0.50
MnO (%)	0.02	0.00	0.03	0.01	0.04	0.01	0.03	0.01
P ₂ O ₅ (%)	0.13	0.01	0.16	0.03	0.42	0.17	0.27	0.11
TiO ₂ (%)	0.90	0.04	0.86	0.03	0.79	0.04	0.85	0.04
MgO (%)	0.64	0.07	0.87	0.05	1.07	0.12	2.28	0.21
CaO (%)	1.00	0.25	0.83	0.14	9.60	0.91	8.82	2.23
Na ₂ O (%)	0.38	0.05	0.41	0.06	0.26	0.00	0.35	0.05
K ₂ O (%)	1.94	0.09	2.60	0.12	3.86	0.14	4.50	0.20
SiO ₂ (%)	70.30	1.27	68.29	2.06	60.45	0.41	56.91	1.53
Ba (ppm)	208	26	304	17	511	70	484	57
Rb (ppm)	88	6	132	10	191	13	204	7
Nb (ppm)	20	2	20	1	18	1	18	0
Pb (ppm)	34	10	37	5	25	3	50	55
Zr (ppm)	253	18	247	35	198	6	156	4
Y (ppm)	24	1	26	3	27	2	28	1
Sr (ppm)	67	4	83	13	123	8	290	42
Ce (ppm)	60	6	107	23	71	6	65	6
Ga (ppm)	29	2	31	4	23	2	26	0
V (ppm)	63	2	71	7	69	6	101	7
Zn (ppm)	30	4	35	2	79	10	67	1
Cu (ppm)	16	10	22	24	20	1	32	9
Ni (ppm)	12	1	13	0	29	2	41	2
Cr (ppm)	79	8	77	8	73	2	100	7

Tabla 2. Medias y desviaciones estándar de las URCP definidas en este estudio. DesvEst: desviación estándar; ppm: partes por millón.

con dos individuos de composiciones similares, pero que también podrían pertenecer a otras URCP (indicados como Out-1 en la Tabla 1). Igualmente, se observa como 3 individuos de TSHD, junto con dos individuos de TSH, forman la URCP G2, mientras que dos individuos aparecen como mal clasificados, pudiendo pertenecer cada uno de ellos a una URCP diferente (indicados como O-PL y O-44 en la Tabla 1) y, finalmente, un último individuo, que pertenece a la URCP E1-E3, de Tricio.

En el caso de la TSH, indicados en negro (Figura 2 y Tabla 1), cabe destacar que prácticamente todos los individuos se asocian a las producciones del valle del Ebro, mientras dos individuos conforman, junto a tres individuos de TSHD, la URCP G2 y cuatro individuos conforman la URCP G1.

Los resultados de la caracterización química muestran, pues, una gran diversidad de producciones de TSHD, hasta 8, sin que guarden ninguna relación con la TSH, la TSHA o las producciones de Los Pedregales. Las únicas excepciones se dan en un individuo que se asocia con la URCP E1-E3, de

Tricio, y que, en realidad, podría tratarse de una TSH de forma Hisp. 19 y no de una TSHD, y la URCP G2, que es la única agrupación que incluye individuos de TSH y de TSHD. Además, la mayor parte de las URCP de TSHD (1-1, 1-2, Out-P y O-PL, esta última formada por un individuo que, en realidad, también podría corresponder a una TSH forma Hisp. 19) se asocian con un posible origen en el valle del Duero, mientras que las URCP O-44 y G2, además del individuo asociado a E1-E3, parecen corresponder a producciones de posible origen en el valle del Ebro. Esta situación es completamente diferente de la que ofrece la TSH contemporánea, ya que existe un número muy inferior de agrupaciones representadas y además éstas se asocian a un origen en el valle del Ebro, con la única posible excepción de la URCP G1, de posible origen en el valle del Duero.

IV. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA Y MICROESTRUCTURAL

Los resultados de la caracterización química muestran que las producciones de TSHD del valle

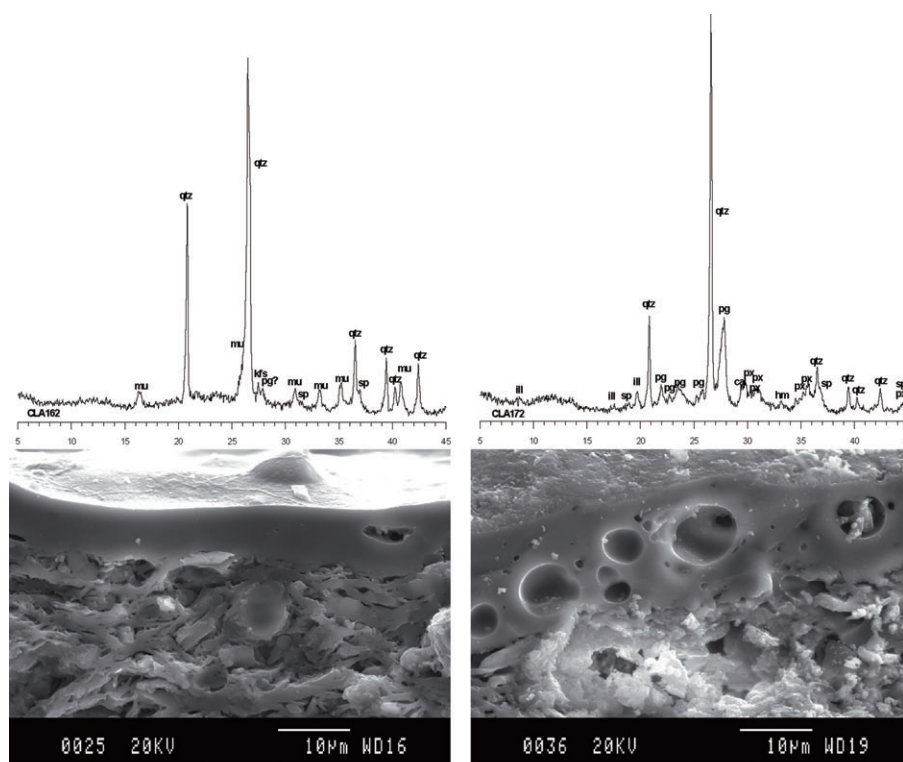


Fig. 3. Superior izquierda: difractograma típico de las producciones de TSHD poco calcáreas. Inferior izquierda: microfotografía de MEB mostrando una matriz con una microestructura densa y vitrificada y un barniz bien vitrificado. Superior derecha: difractograma típico de la producción calcárea de TSHD G2. Inferior derecha: microfotografía de MEB mostrando un típico barniz de mala calidad, con gran presencia de poros circulares. cal: calcita; hm: hematites; ill: illita-moscovita; kfs: feldespatos alcalinos; mu: mullita; pg: plagioclasa; px: piroxeno; qtz: cuarzo; sp: espinela.

del Duero (1-1, 1-2 y Out-1), con la excepción de O-PL (posible Hisp. 19 de TSH), pertenecen a producciones poco calcáreas ($\text{CaO} < (5-6) \%$), algo que provoca significativas diferencias tecnológicas con las cerámicas calcáreas, tanto en términos de microestructura como de propiedades mecánicas y de evolución de fases de cocción (Maniatis *et al.* 1981; Tite *et al.* 1982; Maggetti 1981). Este hecho representa por sí solo una diferenciación altamente significativa con la tecnología de la TSH, pero también de la cerámica de Los Pedregales, ya que toda la TSH de Clunia, con posible origen en el valle del Ebro o del Duero, así como la cerámica de tradición celtibérica de Los Pedregales, corresponde a producciones calcáreas. Cabe destacar que, a diferencia de la TSHD del valle del Duero, la TSH posiblemente asociada con el valle del Duero corresponde ella también a producciones de cerámica calcárea (Tabla 2).

El estudio por DRX y MEB ha permitido, además, comprobar como la mayor parte de los individuos de TSHD de las producciones del valle del

Duero presentan altas temperaturas de cocción, con barnices de calidad y, generalmente, bien vitrificados. Así, la DRX muestra generalmente la total descomposición de los filosilicatos de las illitas-moscovitas, junto a la presencia de mullita (Figura 3, superior izquierda), mientras que la microestructura se presenta vitrificada y con barnices igualmente bien vitrificados (Figura 3, inferior izquierda). Contrariamente, las URCP de TSHD calcáreas presentan una mayor dispersión de temperaturas, con fases de cocción típicamente calcáreas (Figura 3, superior derecha), pero con barnices de mala calidad, con una gran presencia de porosidad (Figura 3, inferior derecha). Finalmente, la TSH presenta generalmente altas temperaturas de cocción, con presencia de las fases de cocción típicas de las producciones calcáreas.

Estos resultados permiten sugerir que la TSHD presenta una tecnología de producción completamente diferente del resto de producciones altoimperiales, con un uso de pastas poco calcáreas, cocidas a altas temperaturas, consiguiendo barni-

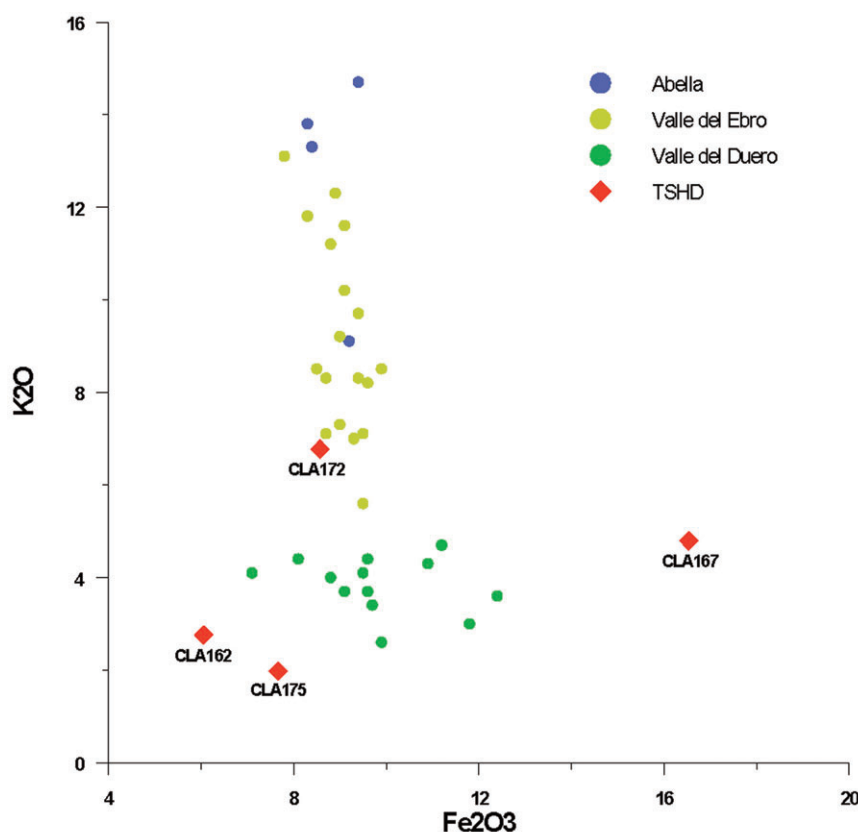


Fig. 4. Gráfico bivalente con el Fe_2O_3 en abscisas y el K_2O en ordenadas de las composiciones de los barnices de TSHD.

ces bien vitrificados. Sin embargo, las producciones de TSHD calcáreas parecen corresponder a producciones de una calidad muy inferior, con un aspecto también inferior al de las anteriores producciones.

Estas diferencias se observan, además, en la composición de los barnices, ya que las producciones poco calcáreas (individuos CLA162 y CLA175, Figura 4) presentan concentraciones de K_2O y de Fe_2O_3 inferiores a las producciones de TSHA de Clunia, pero también a las producciones calcáreas de TSHD (individuo CLA167, de la URCP O-PL, y individuo CLA172, de la URCP G2, Figura 4).

V. CONCLUSIONES

Los resultados sobre las producciones altoimperiales de TSH y TSHD de Clunia nos han permitido observar que la práctica totalidad de la TSH, confeccionada siempre a partir de pastas calcáreas cocidas generalmente a altas temperaturas, proviene del valle del Ebro, con sólo una URCP muy minoritaria (G1) de posible origen en el valle del

Duero, a diferencia de la mayor presencia de producciones del Duero, de pastas poco calcáreas, que se dará en la TSHA.

Esta realidad contrasta con la presencia mayoritaria de la TSHD de posible origen en el valle del Duero, que, además, corresponde a una multiplicidad de producciones diversas. Este tipo cerámico presenta, frente a la TSH altoimperial, pero también frente a la cerámica de tradición celtibérica de Los Pedregales, una tecnología de producción completamente diferente, con el uso de pastas poco calcáreas cocidas a altas temperaturas, que proporcionan barnices bien vitrificados. Éstos, además, presentan unos contenidos bajos en Fe_2O_3 que deben contribuir a la coloración dorada de estas producciones. Existen, sin embargo, otras producciones de TSHD con pastas calcáreas, de posible origen en el valle del Ebro, que presentan una calidad claramente inferior de los barnices. En este sentido, parece probable que estas producciones sean intentos de copiar las producciones de TSHD poco calcáreas por parte de talleres que descono-

cen la tecnología de producción y que, por tanto, encuentran obstáculos insalvables para conseguir un producto de alta calidad. Esta posibilidad viene además reforzada por el hecho que la URCP G2, de posible origen en el valle del Ebro, es la única que presenta una producción conjunta de TSH, que es de buena calidad, y de TSHD, de mala calidad.

Estos resultados, pues, permiten plantear la posibilidad que la producción de TSHD sea un fenómeno típico del valle del Duero, o de la Meseta, con unos centros de producción y una tecnología

completamente diferente de la TSH altoimperial. La confirmación de estos aspectos, pero, necesitará de la extensión de estos estudios a otros centros peninsulares que puedan ofrecer la necesaria amplitud para observar un fenómeno tan complejo y aún tan poco conocido.

AGRADECIMIENTOS

Los análisis de Fluorescencia de Rayos-X, Difracción de Rayos X y Microscopía Electrónica de Barrido se han realizado en los Serveis Científico-tècnics de la Universitat de Barcelona.

BIBLIOGRAFÍA

- AITCHISON, J. 1986: *The Statistical Analysis of Compositional Data*. Chapman and Hall. London.
- AITCHISON, J. 2005: *A concise guide to compositional data analysis. 2nd Compositional Data Analysis Workshop – CoDaWork'05*. Universitat de Girona. Girona.
- BARCELÓ-VIDAL, C.; MARTÍN-FERNÁNDEZ, J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V. 2001: "Mathematical foundations of compositional data analysis". En G. Ross (ed.): *Proceedings of IAMG'01-The annual meeting of the International Association for Mathematical Geology, 6-12 September 2001*. Cancún, México: 1-20.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J. 1995: *La caracterització arqueomètrica de la Terra Sigillata Hispanica Avanzada de la ciutat romana de Clunia i la seva contrastació amb la Terra Sigillata Hispanica d'un centre productor contemporani, el taller d'Abella*. Col·lecció de Tesis Doctorals Microfitxades UB 2524. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J. 1999: "Alteration and Contamination of Archaeological Ceramics: the Perturbation Problem". *Journal of Archaeological Science* 26: 295-313.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J. 2008: "Revisiting the compositional data. Some fundamental questions and new prospects in Archaeometry and Archaeology". En J. Daunis-Estadella y J. Martín-Fernández (eds.): *Proceedings of CO-DAWORK'08. The 3rd Compositional Data Analysis Workshop. May 27-30*. University of Girona. Girona: 1-18.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J.; IÑÁÑEZ, J. GARCÍA y TUSET I BERTAN, F. 2005: "Pedregales: a coarse ware workshop of Celtiberian tradition at the Roman town of Clunia (Peñalba de Castro, Burgos, Spain)". En M.I. Prudêncio, M.I. Dias y J.C. Waerenborgh (eds.): *Understanding people through their pottery*. Trabalhos de Arqueologia 42. Instituto Português de Arqueologia. Lisboa: 19-25.
- FERNÁNDEZ OCHOA, C. y ZARZALEJOS PRIETO, M. 2008: "Terra Sigillata Hispanica Brillante (TSHB)". En D. Bernal Casa-sola y A. Ribera i Lacomba (eds.): *Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz. Cádiz: 333-342.
- MAGGETTI, M. 1981: "Composition of Roman pottery from Lousonna (Switzerland)". En M. Hughes (ed.): *Scientific studies in ancient ceramics*. British Museum Occasional Paper 19. British Museum. London: 33-49.
- MANIATIS, Y.; SIMOPOULOS, A. y KOSTIKAS, A. 1981: "Mossbauer Study of the Effect of Calcium Content on Iron Oxide Transformations in Fired Clays". *Journal of the American Ceramic Society* 64: 263-269.
- PALOL SALELLAS, P. DE 1994: *Clunia. Historia de la ciudad y guía de las excavaciones*. Diputación Provincial de Burgos. Junta de Castilla y León. Burgos.
- TITE, M.S.; MANIATIS, Y.; MEEKS, N.; BIMSON, M.; HUGHES, M. y LEPPARD, S. 1982: "Technological Studies of Ancient Ceramics from the Near East, Aegean and Southeast Europe". En T. Wertime y S. Wertime (eds.): *The evolution of the first fire-using industries*. Smithsonian Institution Press. Washington: 61-71.
- TUSET I BERTAN, F. y BUXEDA I GARRIGÓS, J. 1995: "La cerámica Terra Sigillata Hispanica Avanzada (TSHA) de Clunia: segunda mitad del s. II – s. III d. C.". *Trabalhos de Antropologia e Etnologia* 35: 355-367.