



## CARACTERIZACIÓN ARQUEOMÉTRICA DE CERÁMICAS COMUNES Y DE COCINA TARDO-ANTIGUAS DEL ASENTAMIENTO RURAL DE L'HORTA VELLA (BÉTERA, VALENCIA)

### *Archaeometric Characterization of Late Antique Cooking and Common Wares from the Rural Settlement of L'Horta Vella (Bétera, Valencia)*

MIGUEL ÁNGEL CAU ONTIVEROS<sup>1,2</sup> , LEANDRO FANTUZZI<sup>2</sup> , EVANTHIA TSANTINI<sup>2</sup> ,  
JOSEP M. BURRIEL ALBERICH<sup>3</sup>, JOSÉ LUIS JIMÉNEZ SALVADOR<sup>4</sup> , MIQUEL ROSSELLÓ MESQUIDA<sup>5</sup>

- (1) ICREA - Joukowsky Institute for Archaeology and the Ancient World. Brown University. macau@ub.edu  
(2) ERAAUB, Dpt. d'Història i Arqueologia. Universitat de Barcelona. lfantuzzi83@gmail.com, evantsantini@gmail.com  
(3) Museu de Montcada. museu@moncada.es  
(4) GRAM. Dpt. Prehistòria, Arqueologia i H<sup>a</sup> Antiga. Universitat de València. jose.l.jimenez@uv.es  
(5) Arqueólogo independiente. miquelrome@gmail.com

#### RESUMEN:

*Diversos contextos cerámicos recuperados en las excavaciones de L'Horta Vella (Bétera, Valencia) han proporcionado evidencias sobre la ocupación de este asentamiento rural en la Antigüedad Tardía. En este artículo, se presenta un estudio arqueométrico realizado sobre parte de este conjunto cerámico, en particular sobre una serie de cerámicas de cocina y comunes que fueron relacionadas, en un estudio arqueológico inicial, tanto con posibles producciones locales/regionales como con importaciones. Las cerámicas fueron analizadas mediante diversas técnicas arqueométricas para su caracterización petrográfica, mineralógica y química. Los resultados ofrecen información importante sobre su procedencia y tecnología de producción. Resulta particularmente significativa la atribución de gran parte del conjunto analizado a una probable procedencia local/regional, incluso de algunos materiales que fueron interpretados, en un principio, como importaciones africanas y ebusitanas.*

**Palabras clave:** Valencia, Antigüedad tardía, cerámica, arqueometría, petrografía, FRX, DRX.

#### ABSTRACT:

*Several ceramic contexts uncovered during the archaeological excavations in L'Horta Vella (Bétera, Valencia) have provided evidence on the occupation of this rural settlement in the Late Antiquity. In this paper, we present an archaeometric study on part of this pottery assemblage, in particular on some cooking wares and common wares that were related, initially, both to possible local/regional products and to imported products. The ceramic materials were analysed by means of various archaeometric techniques for their petrographic, mineralogical and chemical characterization. The obtained results provide information about their provenance and production technology. It is particularly interesting the fact that the majority of the ceramics analysed can be associated with a probable local/regional production, even some materials that were interpreted at first as African and Ebusitan imports.*

**Key words:** Valencia, Late Antiquity, pottery, archaeometry, petrography, XRF, XRD.



## INTRODUCCIÓ

Las excavaciones efectuadas desde 2001 en el yacimiento de L'Horta Vella (Bétera, Valencia) han permitido documentar evidencias materiales de una villa romana altoimperial que continuó ocupada, después de diversas transformaciones, durante el Bajo Imperio, la época visigoda e, incluso, durante la primera parte del período islámico (Jiménez *et al.* 2005; 2008; 2009; Jiménez y Burriel 2007; 2008). Se trata de un importante asentamiento rural ubicado en el *territorium* de la antigua Valentia (fig. 1) y caracterizado por una ubicación estratégica, tanto por su localización geográfica (en el centro del triángulo formado por Valentia, Saguntum y Edeta/Líria) (Jiménez *et al.* 2013; 2014) como por la abundancia de agua y tierras fértiles en su entorno inmediato.

Los trabajos arqueológicos han proporcionado una secuencia estratigráfica en el yacimiento en la que se documentan cuatro fases constructivas consecutivas (Jiménez *et al.* 2005; 2009; Jiménez y Burriel 2007) (fig. 2). La primera (fase imperial: ss. II-V) comprende, sobre todo, una serie de estructuras correspondientes a un conjunto

termal de la *villa* altoimperial, que continúa en uso –tras una serie de reformas– durante el s. III, mientras que en el s. IV se transforman algunas estructuras y se desarrolla un área de necrópolis. La segunda fase (fase tardoantigua I: mediados del s. V) evidencia una profunda transformación y reducción del espacio ocupado, documentándose tanto la reconversión de algunas estructuras para usos agrícolas (p.ej. un *torculum* y un almacén) como la destrucción y amortización de otras estructuras del antiguo complejo termal (fig. 2). La tercera fase (fase tardoantigua II: primera mitad del s. VI a inicios del s. VIII) implica nuevas modificaciones de algunas de las estructuras, que continúan vinculadas a actividades agrícolas durante todo el período visigodo bajo la forma de una granja. Por último, la última fase constructiva (fase islámica antigua: ss. VIII-IX) evidencia la continuidad de ocupación tras la conquista islámica, aunque ahora transformado en un asentamiento de carácter defensivo (Jiménez *et al.* 2005, 2009).

Las evidencias registradas hasta la fecha sugieren que el asentamiento tardoantiguo habría continuado vinculado –como sucedía en época imperial– con el centro urbano de Valentia, que en época visigoda mantuvo su relevancia

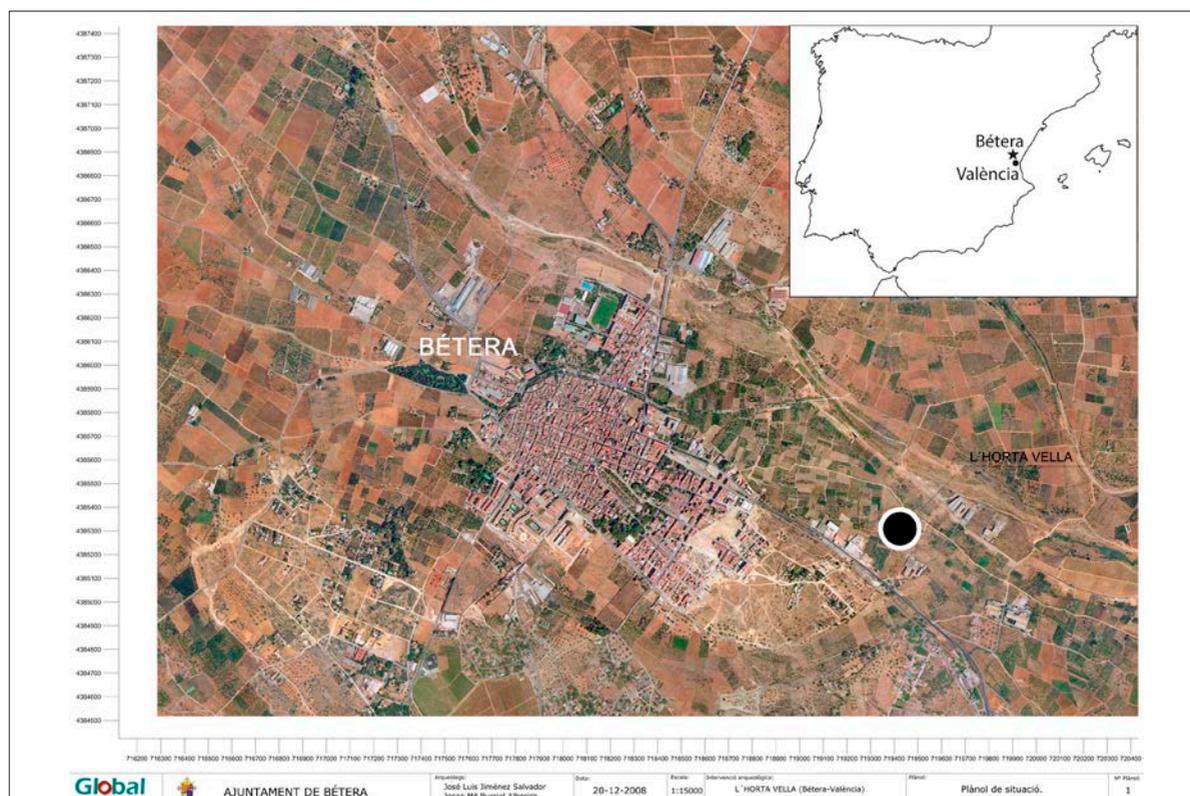


Fig. 1: Localización geográfica de l'Horta Vella.

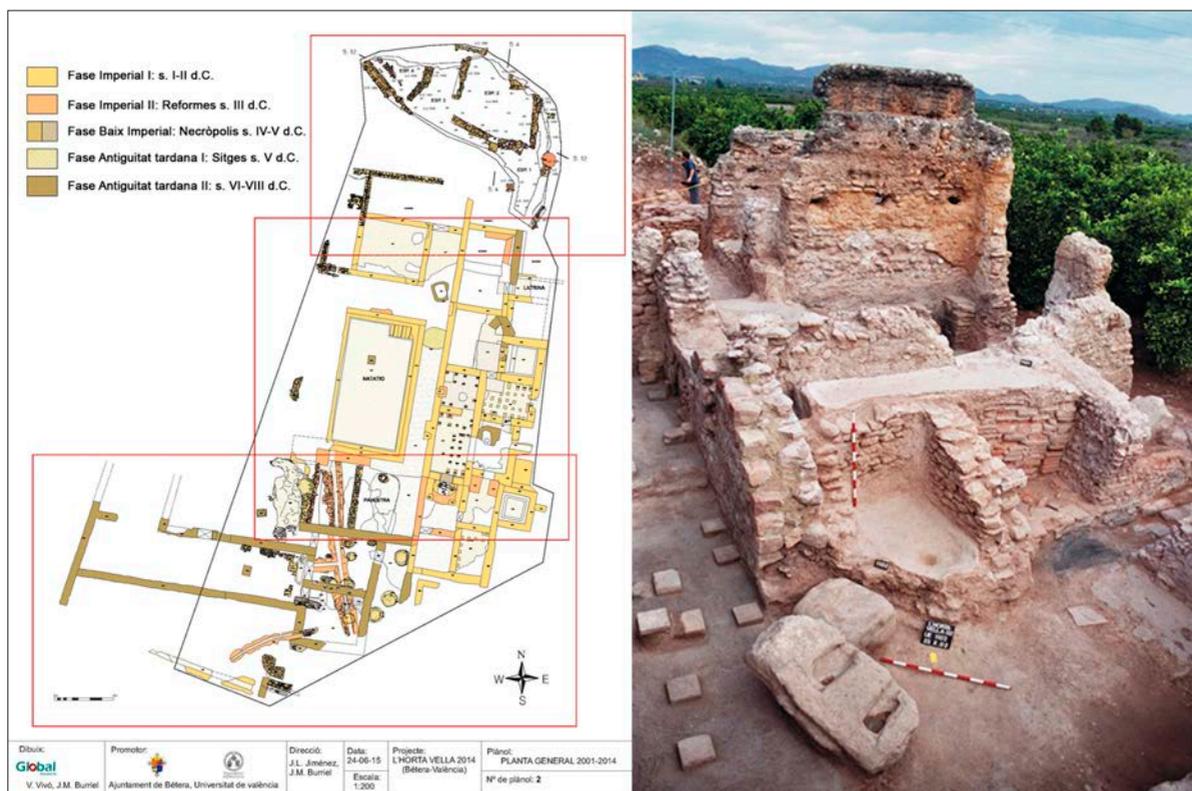


Fig. 2: Planimetría de l'Horta Vella y fotografía del caldarium con el torcularium.

al reconvertirse en sede episcopal (Ribera 2005; Ribera y Rosselló 1999; 2000). Los hallazgos cerámicos en L'Horta Vella, incluyendo tanto las ánforas y vajilla fina como la cerámica común y de cocina (Jiménez *et al.* 2005), indican la llegada de diversas importaciones a este asentamiento rural, seguramente a través del puerto de Valentia (Pascual *et al.* 1997; 2003; Burriel y Rosselló 2000; Rosselló 2005; Rosselló y Ribera 2005; Ribera y Rosselló 2007; 2012; Rosselló *et al.* 2010). A esta inserción de L'Horta Vella en las redes comerciales con el exterior pudo haber contribuido, tal vez, la producción y posible exportación de aceite, tal como demuestra el hallazgo de un posible *torculum* y un almacén en la primera fase tardoantigua, que habrían continuado en uso durante la época visigoda (Jiménez *et al.* 2005; 2009).

Con el fin de obtener una aproximación más profunda a esta llegada de materiales importados al asentamiento tardoantiguo, así como de examinar la posible producción local y/o regional de cerámica, se presenta en este trabajo un estudio arqueométrico realizado sobre un conjunto de cerámicas de cocina y comunes recuperadas en las excavaciones del yacimiento. Las cerámicas seleccionadas

fueron sujetas a un análisis químico, mineralógico y petrográfico para una caracterización de los materiales y la obtención de información sobre su procedencia.

## CONTEXTOS CERÁMICOS Y MUESTREO ANALÍTICO

El presente estudio se ha centrado en los contextos cerámicos correspondientes a las dos fases constructivas tardoantiguas documentadas en el yacimiento. En ellas, se han diferenciado un total de cuatro fases cerámicas (Fases I-IV), cuyo estudio arqueológico ya fue publicado por Jiménez *et al.* (2005). De estas fases diversas, se han seleccionado un total de 21 cerámicas de cocina y comunes para su análisis arqueométrico (fig. 3; fig. 4).

La Fase I se corresponde con la primera fase constructiva de la Antigüedad Tardía, datada a mediados del s. V, tal como indican algunas cerámicas finas (*sigillata* paleocristiana gris Rigoir 6), comunes (cuencos con pitorro RE-0901a de Eivissa) y de cocina (Reynolds HW 8; Fulford HMW 1.2 forma 8) (Jiménez *et al.* 2005). De esta

fase, se muestrearon para el análisis arqueométrico algunas cerámicas de cocina hechas a torno y de posible producción local/regional, incluyendo ollas con borde reentrante y base plana (HV-05) o borde exvasado (HV-01, HV-02, HV-06), en ambos casos con pequeñas asas de sección cuadrangular que salen del labio y acanaladuras en el tercio superior del cuerpo cerámico. También se incluyen, entre las cerámicas de cocina a torno, cazuelas con borde invasado (HV-03, HV-04), posiblemente locales/regionales, y una olla pequeña con asas (HV-07) de origen indeterminado. Se analizaron, además, algunos materiales presumiblemente importados, tanto de cocina a mano o torno lento (HV-09) como de cerámica común ebusitana (HV-08).

Las tres fases cerámicas siguientes (Fases II-IV) representan tres momentos dentro de la segunda fase constructiva de época tardoantigua (Jiménez *et al.* 2005).

Para la Fase II se ha propuesto una cronología de segundo cuarto del s. VI (TSA D Hayes 99; ánfora Keay 71; cuenco con pitorro RE-0901c) (Jiménez *et al.* 2005). De los materiales de estos niveles se muestrearon para su estudio arqueométrico cerámicas de cocina a mano o torno lento (ollas y cazuelas) de producción indeterminada, tal vez local/regional (HV-10, HV-13), así como cerámicas comunes a torno (platos y cuencos) de origen presumiblemente ebusitano (HV-11, HV-12).

La Fase III se ha datado entre finales del s. VI y mediados del s. VII, a partir tanto de algunas importaciones africanas de TSA D (p.ej. Hayes 99) como de ánforas (p.ej. Keay 61D) y de formas de cerámica común y de cocina que son habituales en otros contextos de cronología similar (p.ej. cazuelas FCW 68, 12.1 y FWC 64, 24.2, entre otras formas) (Jiménez *et al.* 2005). En este período la cerámica de cocina a mano o torno lento es muy escasa, a diferencia de la fase anterior. Se han seleccionado para el análisis arqueométrico algunas cerámicas de cocina a torno de producción presumiblemente africana, incluyendo cazuelas FCW 68, 12.1 (HV-16) y FCW 64, 24.2 (HV-17), y una olla de borde exvasado sin asas (HV-20). También se analizaron una cazuela a torno de posible origen oriental (HV-18) y, entre la cerámica común, morteros de probable producción ebusitana (HV-15) y africana (HV-21).

Finalmente, se ha detectado una última fase tardoantigua (Fase IV) datada entre finales del s. VII e inicios del s. VIII, en la que se ha recuperado muy poco material cerámico (Jiménez *et al.* 2005). De esta fase, se muestrearon dos cerámicas hechas a mano o torno lento,

incluyendo una cazuela alta de producción indeterminada (HV-24) y una olla de probable producción local/regional (HV-23). Esta última podría ser residual, ya que se asemeja a producciones de la Fase II (p.ej. HV-10), pero su semejanza formal con algunas cerámicas del s. VII en Sant Martí d'Empúries no permite, en principio, descartar del todo una cronología en este período (Jiménez *et al.* 2005).

## METODOLOGÍA ANALÍTICA

Todos los individuos cerámicos seleccionados fueron analizados mediante una combinación de técnicas arqueométricas. La caracterización química se ha obtenido mediante Fluorescencia de Rayos X (FRX), la composición mineralógica mediante Difracción de Rayos X (DRX) y la caracterización petrográfica-mineralógica mediante Microscopía Óptica (MO) a través del estudio de láminas delgadas. Los análisis de FRX y DRX se llevaron a cabo en los Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona (CCiTUB).

Para el análisis químico por FRX, de cada uno de los individuos muestreados se obtuvieron especímenes de unos 10 g de peso. Tras desprender sus capas superficiales, fueron pulverizados y homogeneizados en un molino de bolas con celda de carburo de tungsteno. Las muestras, a partir del polvo obtenido (y después de un secado en una estufa en 105°C durante 12 horas), se sometieron a diferentes tipos de preparación. Por un lado, para la lectura de los elementos mayores, se realizaron perlas de fusión alcalina con tetraborato de litio (dilución 1/20), con la utilización de un horno de inducción. Por otro lado, para la lectura de los elementos traza, se prepararon pastillas de especímenes mezclados con aglutinante Elvacite, por presión utilizando una prensa Herzog. La cuantificación se realizó con un espectrómetro Panalytical-Axios PW 4400/40 con fuente de excitación de Rh utilizando una recta de calibración configurada con 60 patrones (Estándares Geológicos Internacionales). Se determinaron así los siguientes elementos: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (como Fe total), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO<sub>2</sub>, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>, Ba, Rb, Th, Nb, Pb, Zr, Y, Sr, Ce, Ga, V, Zn, Cu, Ni y Cr. Se calculó, además, la pérdida al fuego (PAF) a partir de calcinaciones de 0,3 g de espécimen cocidos a una temperatura de 950°C durante 3 h. Los datos químicos obtenidos fueron examinados a través de métodos estadísticos, siguiendo las consideraciones de Aitchison

| Individuo | Nº inventario | Fase (cronología contexto)          | Clase                 | Forma                  | Origen posible  | Fragmento muestreado (observaciones macroscópicas)                             |
|-----------|---------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|--|
| HV-01     | HV 1025-11    | I (mediados s. V)                   | Cocina a torno        | Olla                   | ¿Local/reg.?    | Borde. Pared ext. gris, int. roja. Fábrica ext. gris e int. roja               |
| HV-02     | HV 1201-16    | I (mediados s. V)                   | Cocina a torno        | Olla                   | ¿Local/reg.?    | Carena. Pared ext. e int. gris. Fábrica marrón-grisácea                        |
| HV-03     | HV 1201-15    | I (mediados s. V)                   | Cocina a torno        | Cazuela                | ¿Local/reg.?    | Borde. Pared ext. marrón, int. gris. Fábrica marrón-grisácea                   |
| HV-04     | HV 1201-7     | I (mediados s. V)                   | Cocina a torno        | Cazuela                | ¿Local/reg.?    | Borde. Pared ext. marrón-gris, int. gris. Fábrica marrón en ext., gris en int. |
| HV-05     | HV 1118-13/14 | I (mediados s. V)                   | Cocina a torno        | Olla                   | ¿Local/reg.?    | Borde. Pared ext. gris, int. marrón. Fábrica marrón-grisácea                   |
| HV-06     | HV 1025-3/4   | I (mediados s. V)                   | Cocina a torno        | Olla                   | ¿Local/reg.?    | Borde. Pared ext. e int. gris. Fábrica marrón                                  |
| HV-07     | HV 1118-6     | I (mediados s. V)                   | Cocina a torno        | Olla                   | Indeterminado   | Borde. Pared ext. e int. marrón claro. Fábrica ext. marrón e int. gris         |
| HV-08     | HV 1025-6/8   | I (mediados s. V)                   | Común                 | Lebrillo               | ¿Ebusitano?     | Borde. Color marrón  |
| HV-09     | HV 1053-7     | I (mediados s. V)                   | Cocina a mano/torneta | Cazuela (RHMW 8.1)     | Murcia/Alicante | Carena. Pared ext. marrón-gris, int. marrón. Fábrica gris                      |
| HV-10     | HV 1015-19/26 | II (segundo cuarto s. VI)           | Cocina a mano/torneta | Cazuela                | ¿Local/reg.?    | Carena. Color gris   |
| HV-11     | HV 1050-3     | II (segundo cuarto s. VI)           | Común                 | Plato                  | ¿Ebusitano?     | Borde. Color marrón claro  |
| HV-12     | HV 1050-4     | II (segundo cuarto s. VI)           | Común                 | Cuenco                 | ¿Ebusitano?     | Borde. Pared ext. e int. pátina blanquecina. Fábr. marrón (rosada al centro)   |
| HV-13     | HV 1015-14    | II (segundo cuarto s. VI)           | Cocina a mano/torneta | Olla                   | ¿Local/reg.?    | Borde. Pared ext. e int. gris. Fábrica ext. marrón anaranjada e int. gris      |
| HV-15     | HV 1049-18    | III (fines s. VI - mediados s. VII) | Común                 | Mortero                | ¿Ebusitano?     | Borde. Color marrón-grisáceo claro   |
| HV-16     | HV 1049-21    | III (fines s. VI - mediados s. VII) | Cocina a torno        | Cazuela (FCW 68, 12.1) | ¿Africano?      | Borde. Color gris. Fina línea marrón en fábrica int.                           |
| HV-17     | HV 1049-22    | III (fines s. VI - mediados s. VII) | Cocina a torno        | Cazuela (FCW 64, 24.2) | ¿Africano?      | Borde. Pared ext. e int. gris. Fábrica marrón                                  |
| HV-18     | HV 1049-23    | III (fines s. VI - mediados s. VII) | Cocina a torno        | Cazuela                | ¿Oriental?      | Borde. Pared ext. gris, int. naranja. Fábrica naranja                          |
| HV-20     | HV 1099-3     | III (fines s. VI - mediados s. VII) | Cocina a torno        | Olla                   | ¿Africano?      | Borde. Pared ext. e int. gris. Fábrica marrón-rosada.                          |
| HV-21     | HV 1099-7     | III (fines s. VI - mediados s. VII) | Común                 | Mortero                | ¿Africano?      | Carena. Color naranja  |
| HV-23     | HV 1007-6     | IV (fines s. VII - inicios s. VIII) | Cocina a mano/torneta | Olla                   | ¿Local/reg.?    | Borde. Color marrón. Parte inferior ext. e int. gris                           |
| HV-24     | HV 1007-7     | IV (fines s. VII - inicios s. VIII) | Cocina a mano/torneta | Cazuela                | Indeterminado   | Borde. Pared ext. e int. gris. Fábrica marrón-anaranjada                       |

Fig. 3: Información arqueológica de los individuos cerámicos analizados.

(1986; 1992) y Buxeda (1999a; 1999b), aplicando la transformación en logaritmos de razón según,

$$\mathbf{x} \in S^d \rightarrow \mathbf{y} = \log\left(\frac{\mathbf{x}-D}{x_D}\right) \in R^d$$

donde  $S^d$  es el simplex d-dimensional ( $d=D-1$ ) y  $x_D=(x_1, \dots, x_d)$ . Así, los datos composicionales transformados fueron sujetos a diversas técnicas estadísticas multivariantes (análisis de conglomerados, análisis de componentes principales) utilizando el software S-PLUS 2000.

La composición mineralógica por DRX se obtuvo mediante un difractómetro PANalytical X'Pert PRO MPD alpha 1, equipado con un monocromador de grafito en el haz difractado y una potencia de trabajo de 1,2 kW (40kV, 30A), trabajando con la radiación  $K\alpha$  del Cu ( $\lambda=1,5406\text{\AA}$ ). Para este análisis se utilizó, como en el análisis químico, una parte de la muestra en estado pulverizado y homogeneizado. Las mediciones se realizaron entre 4 y  $70^\circ 2\theta$  con una medida de paso  $0,026^\circ 2\theta$  y un tiempo de medición de 47,5 s. La evaluación de las fases cristalinas

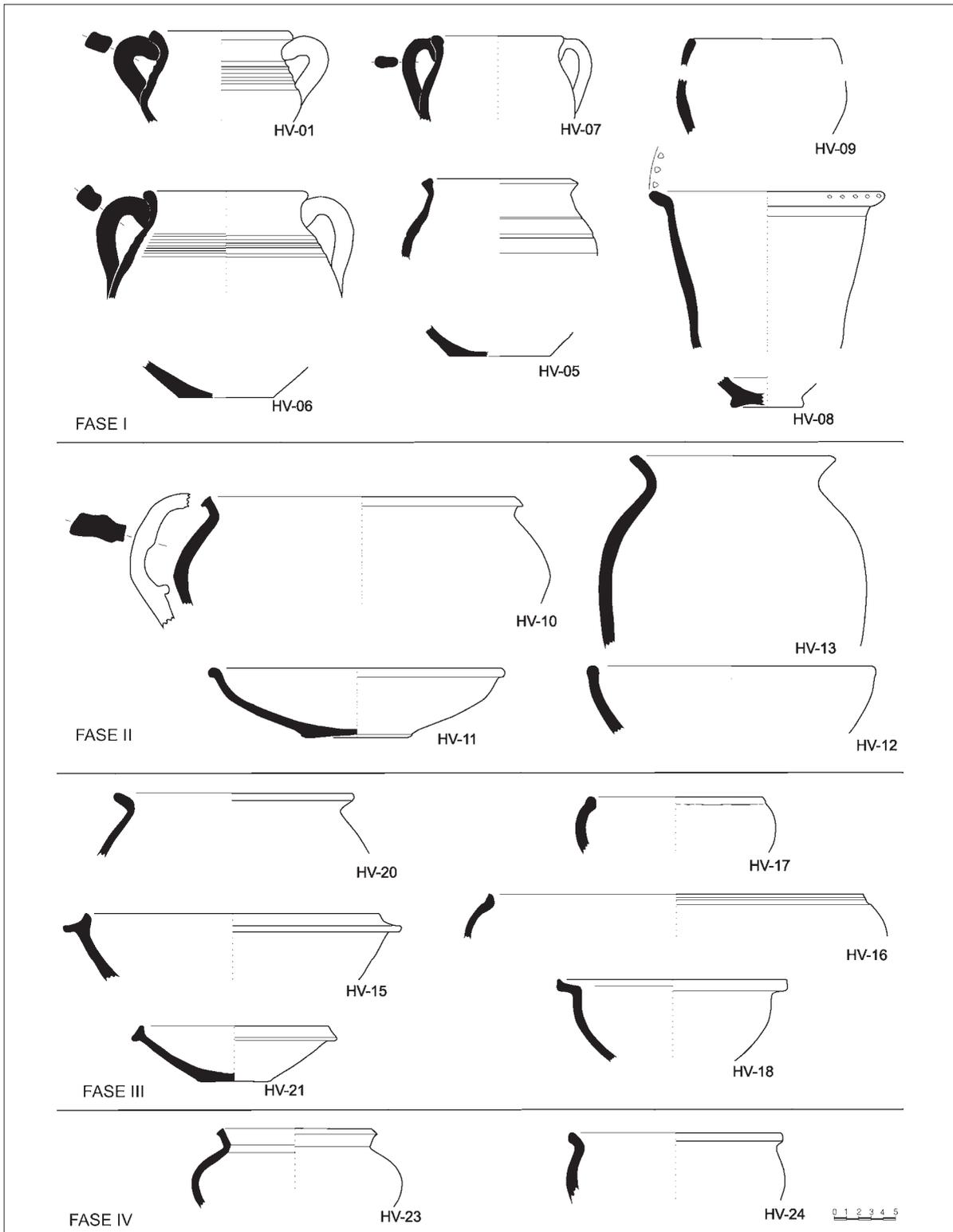


Fig. 4: Cerámicas de cocina y comunes seleccionadas para el análisis arqueométrico.

presentes ha sido realizada con la ayuda del software HighScore Plus de PANalytical, que incluye la base de datos del Joint Committee of Powder Diffraction Standards (JCPDS).

Para el estudio petrográfico-mineralógico mediante MO, las preparaciones se realizaron a partir de un fragmento de cerámica incluido en resina, rebajándolo hasta conseguir un espesor de 30 $\mu$ m, en el que el cuarzo presenta un color de interferencia gris-blanco de primer orden. Los tacos de resina con la muestra se adhieren a un portamuestras y vuelven a ser rebajados con una cortadora-rectificadora. Finalmente, las láminas se acaban de pulir manualmente mediante un abrasivo en polvo. Las observaciones fueron realizadas con un microscopio Olympus BX41, equipado con objetivos de 2x, 4x, 10x y 20x y oculares de 10x, trabajando entre 20 y 200 aumentos. Las descripciones petrográficas de las fábricas se realizaron basándose en el sistema propuesto por Whitbread (1989; 1995) y Quinn (2013).

## CARACTERIZACIÓN ARQUEOMÉTRICA

### RESULTADOS QUÍMICOS

Los resultados químicos normalizados de los 21 individuos analizados mediante FRX se detallan en la fig. 5.

Una primera aproximación a la variabilidad en la composición química de estos individuos se obtiene mediante el cálculo de la Matriz de Variación Composicional o MVC (Aitchison 1986; 1992; Buxeda *et al.* 1995; Buxeda 1999a; 1999b; Buxeda y Kilikoglou 2003). Esta matriz incluye la información necesaria para poder definir la variabilidad en el conjunto de datos, tal como, por ejemplo, la variación total o la variabilidad introducida por cada elemento químico en particular. Un resumen de la MVC del conjunto de datos en este estudio se presenta en la fig. 6.

La variación total según esta MVC es muy elevada ( $vt = 3,01$ ), lo que indica el carácter poligenético del conjunto de datos. Esto demostraría la existencia de varias producciones de origen diferente entre el material analizado. El elemento que más variación introduce en los datos es el CaO ( $\tau_{CaO} = 33,61$ ;  $vt/\tau_{CaO} = 0,09$ ), cuya variación es fácil de entender al examinar los datos químicos (fig. 5), ya que dentro del conjunto se engloban cerámicas muy calcáreas (HV-13), calcáreas (HV-07, HV-08, HV-10, HV-11, HV-15, HV-23 y HV-24), en el límite de calcáreas/poco calcáreas (HV-12 y HV-21) y poco calcáreas (todas las restantes).

El segundo elemento que introduce alta variabilidad es el Na<sub>2</sub>O ( $\tau_{Na_2O} = 10,63$ ;  $vt/\tau_{Na_2O} = 0,28$ ) que es bastante elevado en un individuo (HV-09) mientras que, en cambio, se mantiene en valores claramente más bajos en el resto de cerámicas analizadas. El MnO ( $\tau_{MnO} = 9,47$ ;  $vt/\tau_{MnO} = 0,32$ ) es el siguiente elemento más variable en este conjunto de datos, advirtiéndose la presencia de dos individuos (HV-13 y HV-24) con porcentajes cinco veces más elevados de este elemento que en el resto de individuos (fig. 5).

Otros tres elementos que, de acuerdo con la MVC, introducen más del 50% de la variabilidad en el conjunto de datos son el Sr ( $\tau_{Sr} = 7,98$ ;  $vt/\tau_{Sr} = 0,38$ ), el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ( $\tau_{P_2O_5} = 7,13$ ;  $vt/\tau_{P_2O_5} = 0,42$ ) y el Ba ( $\tau_{Ba} = 6,64$ ;  $vt/\tau_{Ba} = 0,45$ ). El Sr y el Ba se encuentran relacionados con el CaO; el primero es claramente más elevado en los individuos más calcáreos (fig. 5), mientras que el Ba es bastante más elevado en una serie de individuos (HV-07, HV-10, HV-13, HV-15, HV-23 y HV-24). El P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, por su parte, se encuentra casi siempre por debajo de 0,20%, excepto en dos individuos (HV-10 y HV-23) con porcentajes ligeramente mayores (fig. 5), aunque cabe señalar que se trata de un elemento cuyas concentraciones son, con frecuencia, susceptibles de estar afectadas por fenómenos de alteración y/o contaminación postdeposicional, por lo que estas variaciones deben tomarse con precaución.

Una evaluación más detallada de la variabilidad composicional en el conjunto cerámico se obtiene mediante el tratamiento estadístico multivariante de los datos químicos. Como resumen de este tratamiento, se presenta un dendrograma (fig. 7, a) resultante del análisis de conglomerados realizado sobre las concentraciones transformadas en logaritmos de razón de 24 elementos químicos, utilizando al K<sub>2</sub>O como divisor, ya que es el elemento que menos variabilidad introduce en los datos según la MVC (fig. 6). En este dendrograma se observa una primera división del conjunto de datos en dos grandes *clusters* en función del mayor o menor contenido en CaO: uno (a la izquierda) formado por cerámicas poco calcáreas, y otro (a la derecha) englobando cerámicas calcáreas o en el límite entre calcáreas y poco calcáreas. El individuo HV-09 se comporta como un *loner* químico debido a su composición bien diferenciada del resto del conjunto (fig. 5). Más allá de esa división principal del conjunto, el dendrograma también permite diferenciar cinco grupos químicos (A a E), a partir de la mayor similitud composicional entre los individuos que los conforman. La realización de un análisis de componentes principales (fig. 7, b), sobre la misma subcomposición

| Individuo | $Fe_2O_3$ | $Al_2O_3$ | $MnO$ | $P_2O_5$ | $TiO_2$ | $MgO$ | $CaO$ | $Na_2O$ | $K_2O$ | $SiO_2$ |
|-----------|-----------|-----------|-------|----------|---------|-------|-------|---------|--------|---------|
| HV-01     | 5,72      | 15,83     | 0,04  | 0,08     | 0,64    | 1,17  | 1,07  | 0,20    | 3,05   | 72,08   |
| HV-02     | 5,74      | 15,79     | 0,05  | 0,06     | 0,66    | 1,16  | 0,70  | 0,21    | 2,93   | 72,61   |
| HV-03     | 5,61      | 15,59     | 0,05  | 0,06     | 0,70    | 1,16  | 0,69  | 0,21    | 3,03   | 72,75   |
| HV-04     | 5,66      | 15,60     | 0,05  | 0,06     | 0,70    | 1,17  | 0,69  | 0,22    | 3,04   | 72,68   |
| HV-05     | 6,42      | 17,90     | 0,04  | 0,08     | 0,65    | 1,29  | 1,81  | 0,29    | 3,42   | 67,95   |
| HV-06     | 5,89      | 16,35     | 0,04  | 0,12     | 0,64    | 1,12  | 0,85  | 0,34    | 3,97   | 70,57   |
| HV-07     | 5,09      | 15,14     | 0,03  | 0,16     | 0,78    | 2,30  | 9,34  | 0,25    | 4,44   | 62,28   |
| HV-08     | 4,60      | 13,17     | 0,04  | 0,15     | 0,68    | 1,74  | 9,22  | 0,21    | 3,80   | 66,28   |
| HV-09     | 4,67      | 19,62     | 0,03  | 0,10     | 0,48    | 1,67  | 2,34  | 2,05    | 3,51   | 65,40   |
| HV-10     | 5,20      | 14,34     | 0,03  | 0,27     | 0,68    | 2,59  | 13,12 | 0,14    | 3,41   | 60,04   |
| HV-11     | 4,37      | 13,36     | 0,03  | 0,15     | 0,71    | 1,26  | 9,31  | 0,21    | 3,45   | 67,03   |
| HV-12     | 4,74      | 13,56     | 0,04  | 0,13     | 0,68    | 1,68  | 6,74  | 0,24    | 3,93   | 68,12   |
| HV-13     | 5,31      | 11,34     | 0,22  | 0,20     | 0,54    | 2,34  | 22,93 | 0,22    | 3,12   | 53,55   |
| HV-15     | 4,82      | 13,57     | 0,03  | 0,15     | 0,71    | 2,05  | 13,18 | 0,21    | 3,73   | 61,38   |
| HV-16     | 5,65      | 15,84     | 0,05  | 0,08     | 0,62    | 1,38  | 2,18  | 0,18    | 3,25   | 70,64   |
| HV-17     | 5,23      | 14,76     | 0,04  | 0,09     | 0,62    | 1,29  | 1,92  | 0,30    | 3,31   | 72,28   |
| HV-18     | 5,73      | 15,80     | 0,05  | 0,09     | 0,72    | 1,31  | 2,05  | 0,26    | 3,18   | 70,67   |
| HV-20     | 6,10      | 16,77     | 0,06  | 0,12     | 0,70    | 2,17  | 1,80  | 0,23    | 3,85   | 68,07   |
| HV-21     | 5,85      | 15,99     | 0,06  | 0,17     | 0,69    | 2,78  | 4,32  | 0,28    | 4,46   | 65,27   |
| HV-23     | 6,20      | 13,44     | 0,04  | 0,36     | 0,66    | 2,11  | 12,68 | 0,21    | 3,21   | 60,90   |
| HV-24     | 4,82      | 10,90     | 0,18  | 0,13     | 0,60    | 2,51  | 15,99 | 0,15    | 3,23   | 61,32   |

| Individuo | Ba   | Rb  | Th | Nb | Pb | Zr  | Y  | Sr  | Ce | Ga | V   | Zn  | Cu | Ni | Cr  |
|-----------|------|-----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|-----|-----|----|----|-----|
| HV-01     | 311  | 128 | 9  | 14 | 26 | 251 | 27 | 74  | 68 | 19 | 94  | 48  | 16 | 39 | 114 |
| HV-02     | 288  | 116 | 9  | 14 | 26 | 224 | 27 | 64  | 65 | 18 | 89  | 41  | 11 | 31 | 101 |
| HV-03     | 350  | 131 | 12 | 16 | 26 | 281 | 30 | 72  | 75 | 19 | 97  | 49  | 11 | 35 | 95  |
| HV-04     | 358  | 132 | 11 | 16 | 27 | 280 | 30 | 73  | 71 | 19 | 96  | 48  | 12 | 35 | 107 |
| HV-05     | 354  | 140 | 11 | 15 | 30 | 236 | 29 | 97  | 61 | 21 | 107 | 51  | 11 | 37 | 109 |
| HV-06     | 367  | 119 | 9  | 14 | 29 | 208 | 24 | 77  | 59 | 19 | 104 | 51  | 14 | 32 | 87  |
| HV-07     | 735  | 154 | 9  | 17 | 29 | 202 | 21 | 287 | 75 | 18 | 122 | 44  | 16 | 29 | 70  |
| HV-08     | 357  | 119 | 7  | 14 | 25 | 237 | 25 | 186 | 58 | 15 | 73  | 36  | 13 | 25 | 81  |
| HV-09     | 267  | 163 | 3  | 9  | 39 | 100 | 13 | 189 | 44 | 22 | 76  | 102 | 8  | 20 | 73  |
| HV-10     | 696  | 128 | 7  | 14 | 23 | 165 | 20 | 205 | 65 | 17 | 94  | 46  | 15 | 28 | 96  |
| HV-11     | 378  | 154 | 9  | 15 | 28 | 216 | 24 | 137 | 65 | 16 | 73  | 36  | 14 | 22 | 68  |
| HV-12     | 429  | 123 | 9  | 14 | 26 | 241 | 26 | 180 | 72 | 16 | 73  | 40  | 15 | 28 | 72  |
| HV-13     | 1342 | 116 | 6  | 13 | 22 | 141 | 20 | 250 | 45 | 14 | 110 | 31  | 14 | 23 | 86  |
| HV-15     | 718  | 137 | 8  | 15 | 28 | 190 | 21 | 319 | 68 | 16 | 109 | 35  | 14 | 27 | 68  |
| HV-16     | 374  | 133 | 9  | 14 | 27 | 207 | 25 | 104 | 65 | 19 | 93  | 48  | 11 | 34 | 97  |
| HV-17     | 558  | 107 | 9  | 14 | 27 | 211 | 23 | 185 | 61 | 17 | 86  | 50  | 14 | 30 | 81  |
| HV-18     | 369  | 131 | 11 | 16 | 28 | 260 | 29 | 108 | 72 | 19 | 97  | 47  | 16 | 34 | 107 |
| HV-20     | 377  | 139 | 10 | 15 | 25 | 218 | 27 | 81  | 66 | 19 | 101 | 52  | 13 | 35 | 93  |
| HV-21     | 368  | 131 | 9  | 15 | 24 | 202 | 27 | 131 | 64 | 19 | 92  | 54  | 20 | 35 | 92  |
| HV-23     | 1029 | 128 | 8  | 15 | 30 | 173 | 24 | 211 | 69 | 17 | 111 | 59  | 14 | 30 | 80  |
| HV-24     | 803  | 117 | 7  | 13 | 27 | 186 | 18 | 192 | 59 | 14 | 108 | 30  | 13 | 25 | 84  |

Fig. 5: Datos químicos normalizados de las 21 cerámicas analizadas de L'Horta Vella. Las concentraciones de elementos mayores y menores se expresan en %, otros elementos menores y las trazas se expresan en ppm.

transformada en logaritmos de razón, permite ilustrar las diferencias concretas que separan a los diversos grupos químicos. La composición normalizada de cada uno de estos grupos se presenta en la fig. 8. Al repetir el análisis multivariante quitando algunos elementos comúnmente afectados por alteraciones y/o contaminaciones

postdeposicionales como son el  $P_2O_5$  y Pb, no se encuentran diferencias en los grupos químicos resultantes.

El primer grupo (A = HV-01, HV-02, HV-03 y HV-04) está conformado por cerámica de cocina a torno, mientras que el segundo grupo (B = HV-05, HV-16, HV-17, HV-18 y HV-20), en cambio, es tipológicamente heterogéneo (fig. 3).

|               | $Fe_2O_3$ | $Al_2O_3$ | $MnO$ | $P_2O_5$ | $TiO_2$ | $MgO$ | $CaO$ | $Na_2O$ | $K_2O$ | $SiO_2$ |
|---------------|-----------|-----------|-------|----------|---------|-------|-------|---------|--------|---------|
| $\tau.i$      | 3,50      | 3,95      | 9,47  | 7,13     | 3,38    | 4,54  | 33,61 | 10,63   | 3,33   | 3,64    |
| $vt / \tau.i$ | 0,86      | 0,76      | 0,32  | 0,42     | 0,89    | 0,66  | 0,09  | 0,28    | 0,90   | 0,83    |
| $r v, \tau$   | 0,99      | 0,98      | 0,97  | 0,69     | 0,99    | 0,95  | -0,19 | 0,96    | 1,00   | 0,99    |

|               | $Ba$ | $Rb$ | $Th$ | $Nb$ | $Pb$ | $Zr$ | $Y$  | $Sr$ | $Ce$ | $Ga$ | $V$  | $Zn$ | $Cu$ | $Ni$ | $Cr$ |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\tau.i$      | 6,64 | 3,44 | 5,10 | 3,54 | 3,63 | 4,92 | 4,38 | 7,98 | 3,66 | 3,73 | 3,45 | 5,09 | 3,57 | 4,17 | 4,12 |
| $vt / \tau.i$ | 0,45 | 0,88 | 0,59 | 0,85 | 0,83 | 0,61 | 0,69 | 0,38 | 0,82 | 0,81 | 0,87 | 0,59 | 0,84 | 0,72 | 0,73 |
| $r v, \tau$   | 0,77 | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,52 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 0,97 | 1,00 | 0,99 | 0,99 |

|      |      |
|------|------|
| $vt$ | 3,01 |
|------|------|

Fig. 6: Resumen de la matriz de variación composicional (MVC) de los 21 individuos analizados mediante FRX.

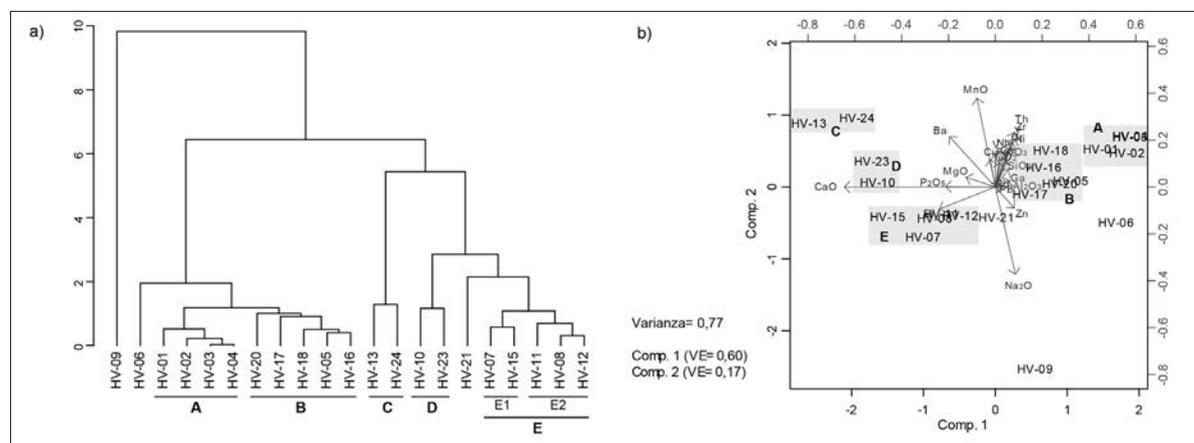


Fig. 7: (a) Análisis de conglomerados (empleando el método aglomerativo del centroide y la distancia euclidiana al cuadrado) sobre el conjunto de 21 individuos cerámicos, basado en las concentraciones transformadas a logaritmos de razón aditivos de  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $P_2O_5$ ,  $TiO_2$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $Na_2O$ ,  $SiO_2$ ,  $Ba$ ,  $Rb$ ,  $Th$ ,  $Nb$ ,  $Zr$ ,  $Y$ ,  $Sr$ ,  $Ce$ ,  $Ga$ ,  $V$ ,  $Zn$ ,  $Cu$ ,  $Ni$  y  $Cr$  (el  $K_2O$  es utilizado como divisor en la transformación de las concentraciones). (b) Análisis de componentes principales a partir de la misma subcomposición química (transformada en logaritmos de razón aditivos).

Ambos grupos se caracterizan por una composición poco calcárea y altos porcentajes de  $SiO_2$  (que tienden a ser algo más elevados en el grupo A). La diferenciación entre ambos grupos se basa en la presencia de porcentajes ligeramente mayores de  $CaO$ ,  $MgO$  y  $K_2O$  en el grupo B que en el grupo A (fig. 7, b; fig. 8). El individuo HV-06, próximo a estos dos grupos en el análisis multivariante (fig. 7), difiere de los mismos por un porcentaje apenas mayor de  $Na_2O$  y  $K_2O$ .

Los grupos químicos C (HV-13 y HV-24) y D (HV-10 y HV-23) corresponden a cerámica de cocina a mano o torno lento. Son cerámicas calcáreas, con concentraciones elevadas de  $Ba$  y bajas de  $Zr$ . Al margen de estas semejanzas, el grupo C se diferencia por un contenido menor de  $Al_2O_3$  y mayor de  $CaO$  y  $MnO$  que el resto de muestras analizadas (fig. 7, b; fig. 8), mientras que el grupo D presenta un contenido de  $P_2O_5$  relativamente más elevado que el resto de individuos.

El grupo E (HV-07, HV-08, HV-11, HV-12 y HV-15) comprende, de forma mayoritaria, cerámica común. Se trata, en todos los casos, de producciones calcáreas, que presentan, en comparación con los grupos calcáreos C y D, concentraciones relativamente más altas de  $K_2O$  y  $Zr$ . De todas formas, tanto el análisis multivariante (fig. 7) como los datos químicos (fig. 5) sugieren la diferenciación de dos subgrupos, uno de ellos (E1 = HV-07 y HV-15) con mayor contenido de  $MgO$ ,  $Ba$ ,  $Sr$  y  $V$ , y menor de  $SiO_2$ , que el otro (E2 = HV-08, HV-11 y HV-12).

Por último, los individuos HV-09 y HV-21 no se pueden clasificar en ninguno de los grupos anteriormente descritos, por sus composiciones químicas particulares, con elevadas concentraciones de  $Na_2O$ ,  $Al_2O_3$  y  $Zn$  en el caso de HV-09, y de  $MgO$  y  $K_2O$  en HV-21 (fig. 5; fig. 7).

|                                | A (n=4) |      | B (n=5) |      | C (n=2) |      | D (n=2) |      | E (n=5) |      |
|--------------------------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
|                                | m       | sd   |
| (%)                            |         |      |         |      |         |      |         |      |         |      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5,68    | 0,06 | 5,83    | 0,46 | 5,07    | 0,35 | 5,70    | 0,71 | 4,72    | 0,27 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15,70   | 0,13 | 16,22   | 1,18 | 11,12   | 0,32 | 13,89   | 0,64 | 13,76   | 0,79 |
| MnO                            | 0,05    | 0,00 | 0,05    | 0,01 | 0,20    | 0,02 | 0,04    | 0,01 | 0,03    | 0,01 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,07    | 0,01 | 0,09    | 0,02 | 0,16    | 0,05 | 0,31    | 0,06 | 0,15    | 0,01 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,67    | 0,03 | 0,66    | 0,05 | 0,57    | 0,04 | 0,67    | 0,02 | 0,71    | 0,04 |
| MgO                            | 1,17    | 0,01 | 1,49    | 0,38 | 2,42    | 0,12 | 2,35    | 0,34 | 1,81    | 0,39 |
| CaO                            | 0,79    | 0,19 | 1,95    | 0,16 | 19,46   | 4,91 | 12,90   | 0,31 | 9,56    | 2,31 |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,21    | 0,01 | 0,25    | 0,05 | 0,19    | 0,05 | 0,18    | 0,05 | 0,22    | 0,02 |
| K <sub>2</sub> O               | 3,01    | 0,06 | 3,40    | 0,27 | 3,17    | 0,08 | 3,31    | 0,14 | 3,87    | 0,36 |
| SiO <sub>2</sub>               | 72,53   | 0,31 | 69,92   | 1,87 | 57,43   | 5,50 | 60,47   | 0,60 | 65,02   | 3,00 |
| (ppm)                          |         |      |         |      |         |      |         |      |         |      |
| Ba                             | 326     | 33   | 406     | 85   | 1072    | 382  | 863     | 236  | 523     | 187  |
| Rb                             | 127     | 7    | 130     | 13   | 116     | 0    | 128     | 0    | 137     | 17   |
| Th                             | 10      | 2    | 10      | 1    | 6       | 1    | 8       | 1    | 8       | 1    |
| Nb                             | 15      | 1    | 15      | 1    | 13      | 0    | 14      | 0    | 15      | 1    |
| Pb                             | 26      | 0    | 27      | 2    | 24      | 4    | 27      | 5    | 27      | 2    |
| Zr                             | 259     | 27   | 226     | 22   | 163     | 32   | 169     | 6    | 217     | 22   |
| Y                              | 28      | 2    | 27      | 3    | 19      | 2    | 22      | 2    | 23      | 2    |
| Sr                             | 71      | 5    | 115     | 40   | 221     | 41   | 208     | 4    | 222     | 77   |
| Ce                             | 70      | 4    | 65      | 5    | 52      | 9    | 67      | 2    | 67      | 7    |
| Ga                             | 18      | 1    | 19      | 1    | 14      | 0    | 17      | 0    | 16      | 1    |
| V                              | 94      | 4    | 97      | 8    | 109     | 1    | 102     | 12   | 90      | 24   |
| Zn                             | 46      | 4    | 50      | 2    | 31      | 1    | 52      | 10   | 39      | 4    |
| Cu                             | 12      | 3    | 13      | 2    | 14      | 1    | 15      | 1    | 14      | 1    |
| Ni                             | 35      | 3    | 34      | 3    | 24      | 1    | 29      | 1    | 26      | 3    |
| Cr                             | 104     | 8    | 98      | 12   | 85      | 1    | 88      | 11   | 72      | 6    |

Fig. 8: Composición química media (en datos normalizados) de los grupos químicos A a E. De cada elemento se detalla la concentración promedio (m) y el desvío estándar (sd) en cada grupo.

## RESULTADOS PETROGRÁFICO-MINERALÓGICOS

A partir del análisis petrográfico mediante la observación de láminas delgadas se han definido un total de cuatro grupos petrográficos en el conjunto analizado (fig. 9). Los difractogramas obtenidos por DRX proporcionan información adicional sobre la composición mineralógica de cada individuo. Esto permite obtener indicios, entre otros aspectos, sobre la temperatura y atmósfera de cocción, incluyendo la posibilidad de estimar la temperatura de cocción equivalente (TCE) (fig. 10).

*Grupo Petrográfico 1: cuarzo monocristalino* (HV-01, HV-02, HV-03, HV-04, HV-05, HV-06, HV-16, HV-17, HV-18 y HV-20) (fig. 9, a). Fábricas con abundantes inclusiones, con predominio absoluto del cuarzo monocristalino heterométrico, siendo muy abundante tanto la fracción fina (<0,10/0,15 mm) como la fracción gruesa entre 0,20-0,50 mm. En menor cantidad se observan fragmentos más gruesos, entre 0,50-1,00 mm (de forma muy ocasional entre 1-2 mm), aunque estos son más comunes

en algunos individuos, p.ej. HV-01, HV-02, HV-17, HV-18. El cuarzo pequeño tiende a ser anguloso, mientras que los fragmentos mayores son principalmente de angulosos a subredondeados. Todas las muestras comparten similitudes texturales, más allá de algunas diferencias menores. Como componentes minoritarios de la fracción gruesa se encuentran cuarzo policristalino (a veces con una gradación a cuarcitas metamórficas), feldespato potásico y, de manera ocasional, inclusiones calcáreas (calcita y, muy raramente, algún microfósil foraminífero). En la fracción fina, por su parte, más allá del predominio de cuarzo, se observan, como componentes secundarios, feldespato potásico y ocasionales micas (moscovita, biotita), mientras que, de forma muy accesoria, se encuentran plagioclasa, cuarzo policristalino, clinopiroxeno, epidota, chert y pertita. La matriz arcillosa es no calcárea, con un color que varía de acuerdo con la atmósfera de cocción reductora u oxidante; en este último caso, se observa un color marrón rojizo a marrón anaranjado, aunque muy heterogéneo y con abundantes sectores ennegrecidos

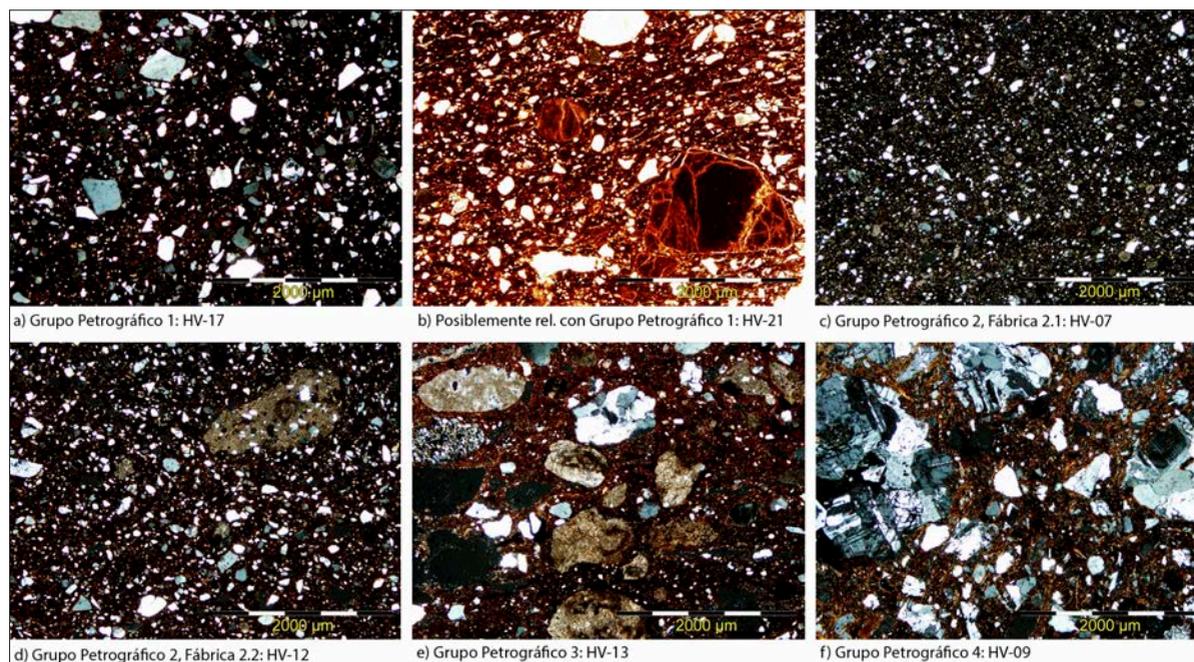


Fig. 9: Fotomicrografías de láminas delgadas mediante microscopio petrográfico, tomadas a 40x con nícoles cruzados, a excepción de (d) que fue tomada con nícoles paralelos.

seguramente por una cocción no del todo bien lograda. La matriz varía entre ópticamente activa en algunos individuos (p.ej. HV-05, HV-06, HV-17), e inactiva en otros (p.ej. HV-01, HV-02, HV-16). La porosidad es muy abundante en todas las muestras, excepto en HV-17 que es más compacta; se presenta tanto en forma de poros elongados muy abundantes (excepto HV-06 y HV-17) con orientación paralela a las paredes, como de numerosos mesoporos y, en menor cantidad, macroporos (cavidades y vesículas).

En DRX, los diez individuos de este grupo se pueden subdividir en tres categorías mineralógicas de acuerdo con la TCE (fig. 10). En primer lugar, los individuos HV-05, HV-06 y HV-17 se caracterizan por la presencia clara de illita-moscovita, microclina y cuarzo como fases primarias, junto a una ausencia de fases de cocción, lo que sugiere una TCE relativamente baja. El individuo HV-20 configura la segunda categoría; en su difractograma se observan restos de illita-moscovita y, como fase emergente de cocción, la presencia de hematita, por lo que el rango de la temperatura debe situarse entre 850°C y 950°C. Finalmente, los restantes seis individuos del grupo se caracterizan por la descomposición completa de la illita-moscovita y un desarrollo inicial de fases de cocción de alta temperatura (espinela); de este modo, su

TCE sería superior a 950°C (Maggetti *et al.* 2011). Se observan diferencias en la intensidad de la hematita entre estos individuos, factor que estaría más relacionado con las condiciones o micro-condiciones atmosféricas (oxidantes o reductoras) y no tanto con la temperatura de cocción.

*Posiblemente relacionado con el Grupo Petrográfico 1: HV-21* (fig. 9, b). Fábrica de cuarzo fino y grueso sobre una matriz rojiza de cocción oxidante, con características similares a las del Grupo 1. Las principales diferencias son una menor abundancia de inclusiones –tanto finas como gruesas, si bien siguen siendo frecuentes– y la presencia de algunas fangolitas (<1,60 mm, sin una moda clara), además de inclusiones calcáreas algo más abundantes (<1,10 mm). La matriz es ópticamente activa. Es mucho menos porosa que la mayoría de las muestras del Grupo 1. Su difractograma se caracteriza por la presencia de fases primarias que sitúan su TCE por debajo de los 800/850°C (fig. 10).

*Grupo Petrográfico 2: cuarzo y calcita.* Se diferencian dos fábricas:

*Fábrica 2.1 (fina)* (HV-07 y HV-15) (fig. 9, c). Fábrica fina con inclusiones bien seleccionadas, sobre todo de cuarzo y calcita (en especial micrita). Predomina en ambos casos la fracción <0,20 mm, siendo más rara (en particular

en el cuarzo) la fracción 0,20-0,30 mm. También se observa una cierta presencia de microfósiles calcáreos y micas (de nuevo con predominio de la fracción <0,20 mm y, más raramente, 0,20-0,30 mm), en especial moscovita y, de forma más rara, biotita. En cantidad accesoria se encuentran inclusiones de cuarzo policristalino, feldespato potásico, chert, cuarcita y epidota. La matriz, calcárea, de color marrón a marrón verdoso claro (en nícoles paralelos), muestra actividad óptica en nícoles cruzados. Es una fábrica bastante compacta y con escasa porosidad, consistente en pequeños mesoporos y esporádicos macroporos.

*Fábrica 2.2 (gruesa)* (HV-08, HV-11 y HV-12) (fig. 9, d). A diferencia de la fábrica 2.1, el cuarzo es bastante más frecuente y heterométrico, ya que, además de su abundancia en la fracción fina <0,20 mm, es también muy abundante en la fracción gruesa, sobre todo en el rango 0,20-0,35 mm, siendo más raro en la fracción 0,35-0,50 mm y muy raro por encima de 0,50 mm. Las inclusiones calcáreas, a diferencia de la fábrica 2.1, son menos abundantes pero más gruesas, siendo frecuentes los fragmentos de caliza micrítica entre 0,50-1,00 mm e incluso algunos mayores (máximo 2 mm), además de su presencia frecuente en la fracción menor a 0,50 mm, sin una moda clara. Por el momento, resulta difícil determinar si los fragmentos de caliza corresponden a un desgrasante añadido o, por el contrario, son inclusiones presentes de forma natural en el sedimento arcilloso utilizado por los alfareros. Además de cuarzo y fragmentos de caliza, se observa (sobre todo en la fracción fina) una presencia secundaria de feldespato potásico, cuarzo policristalino y micas (moscovita), estas últimas menos abundantes que en la fábrica 2.1. En cantidad accesoria se encuentran chert y cuarcita. La matriz arcillosa es de color marrón rojizo a marrón oscuro (en nícoles paralelos), ópticamente activa en HV-12 e inactiva en los dos individuos restantes. Es bastante compacta, con pequeños mesoporos y muy raros macroporos.

En cuanto a la composición mineralógica obtenida mediante DRX, tres de los individuos de este Grupo 2 (HV-07, HV-12 y HV-15) pueden incluirse en una misma categoría, relacionada con una baja TCE ( $\leq 800/850^{\circ}\text{C}$ ), como indica la presencia sólo de fases primarias. En cambio, en HV-08 y HV-11 los difractogramas reflejan la descomposición parcial de illita-moscovita y la aparición de gehlenita, una fase de cocción habitual en cerámicas calcáreas; esta composición sugiere una TCE entre  $850^{\circ}\text{C}$  y  $950^{\circ}\text{C}$  (fig. 10).

*Grupo Petrográfico 3: fracción gruesa calcárea con aporte sedimentario y metamórfico* (HV-10, HV-13, HV-23 y HV-24) (fig. 9, e). Inclusiones mal seleccionadas, con una distribución bimodal. Fracción gruesa bien diferenciada, compuesta de forma dominante por grandes fragmentos de inclusiones calcáreas (caliza, en menor medida restos de fósiles y posibles fragmentos de mármol), con tamaños muy variables entre 0,50 y 2,60 mm, en general redondeados o subredondeados. Esta fracción gruesa, que es algo más abundante en HV-13, incluye asimismo otros componentes secundarios cuyas dimensiones medias tienden a ser menores que las inclusiones calcáreas; ellas abarcan cristales subangulosos-subredondeados de cuarzo monocristalino, además de cuarzo policristalino, fragmentos de rocas sedimentarias (en especial arenitas cuarzosas) y nódulos de hierro. En menor medida se observan además, en la fracción gruesa, feldespato potásico, chert, esquisto y cuarcita, así como alguna inclusión muy rara de epidota. La fracción fina es abundante hasta 0,10 mm y, en menor medida, hasta 0,20 mm; se compone principalmente de cuarzo, con presencia minoritaria de otras inclusiones (calcita, óxidos de hierro, moscovita, feldespato potásico). La matriz arcillosa, de color rojizo a marrón-rojizo, es ópticamente activa en HV-13 y HV-24; en cambio, HV-10 y HV-23 se diferencian por su coloración más oscura, relacionada con una cocción reductora (lo que también se observa, de forma parcial, en HV-13). Son fábricas bastante porosas, con abundantes mesoporos, macroporos y, de forma más rara, megaporos (cavidades y fisuras), siendo la porosidad elongada bastante significativa.

En DRX, se advierte que todos estos individuos del Grupo 3, de composición calcárea, fueron cocidos a bajas temperaturas de cocción, tal como se infiere a partir de sus difractogramas, con presencia de fases minerales primarias y la ausencia total de fases de cocción (fig. 10). Esto indica una TCE inferior a los  $800/850^{\circ}\text{C}$ .

*Grupo Petrográfico 4: granodiorita/tonalita, rica en biotita* (HV-09) (fig. 9, f). Inclusiones mal seleccionadas, con una fracción gruesa compuesta, sobre todo, por fragmentos de rocas plutónicas de tipo granodiorita a tonalita (<2,70 mm pero en general entre 0,30 y 1,20 mm), así como también abundante biotita. Se encuentran, asimismo, frecuentes cristales grandes de plagioclasa, cuarzo y, en menor medida, feldespato potásico, derivados de las rocas plutónicas mencionadas, además de algunos óxidos de hierro. La fracción fina (<0,25 mm) es menos destacada, aunque es abundante de todas formas; presenta una

| Grupo Petrográfico | TCE (°C) | Minerales (DRX)   | Individuos                               |
|--------------------|----------|---|--|
| Grupo 1            | ≤850     | Cuarzo, illita-moscovita, feldespato potásico                     | HV-05, HV-06, HV-17                      |
|                    | 850-950  | Cuarzo, illita-moscovita (-), feldespato potásico, hematita       | HV-20                                    |
|                    | ≥950     | Cuarzo, feldespato potásico, hematita, espinela                   | HV-01, HV-02, HV-03, HV-04, HV-16, HV-18 |
| Rel. con Grupo 1?  | ≤800/850 | Cuarzo, illita-moscovita, feldespato potásico, calcita            | HV-21                                    |
| Grupo 2            | ≤800/850 | Cuarzo, calcita, feldespato potásico, illita-moscovita            | HV-07, HV-12, HV-15                      |
|                    | 850-950  | Cuarzo, calcita, feldespato potásico, illita-moscovita, gehlenita | HV-08, HV-11                             |
| Grupo 3            | ≤800/850 | Cuarzo, calcita, feldespato potásico, illita-moscovita            | HV-10, HV-13, HV-23, HV-24               |
| Grupo 4            | ≤900/950 | Cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, illita-moscovita        | HV-09                                    |

Fig. 10: Composición mineralógica y temperatura de cocción equivalente (TCE) de las cerámicas, determinadas a partir de los resultados de DRX.

mayor importancia del cuarzo, junto a otros componentes similares a los de la fracción gruesa, en especial biotita, plagioclasa y feldespato potásico, y una presencia accesoria de moscovita. La matriz arcillosa presenta un núcleo oscuro reducido y superficies más claras, oxidadas, de color anaranjado-marrón en nícoles paralelos; es ópticamente activa. Es una fábrica bastante porosa, con una porosidad elongada importante, además de varios mesoporos (cavidades y vesículas) y, en menor medida, macroporos.

La composición petrográfica particular de HV-09 se refleja también en su difractograma, con picos intensos de plagioclasa. Aparte de esta característica, el difractograma muestra la presencia sólo de fases cristalinas primarias (fig. 10), sin fases de cocción propias de cerámicas poco calcáreas, lo que indica una TCE inferior a 900/950°C.

## INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio arqueométrico sugiere la existencia de cinco Grupos Químicos (y algunos *loners* composicionales), que muestran una cierta correspondencia con los Grupos Petrográficos definidos a partir del estudio de láminas delgadas. En efecto, los Grupos Químicos A y B, que presentan, junto al *loner* HV-06, una relativa similitud en su composición química (fig. 7), comparten una relación petrográfica, asociándose todos sus individuos al Grupo Petrográfico 1. Los Grupos Químicos C y D, por su parte, se relacionan ambos con el Grupo Petrográfico 3, mientras que el Grupo Químico E se corresponde con el Grupo Petrográfico 2, con dos fábricas bien diferenciadas tanto a nivel químico como petrográfico (Subgrupo E1 =

Fábrica 2.1 y Subgrupo E2 = Fábrica 2.2). Uno de los *loners* químicos (HV-09), por otro lado, conforma petrográficamente un grupo particular (Grupo Petrográfico 4), mientras que el *loner* químico HV-21 podría tener una relación con el Grupo Petrográfico 1. En resumen, se han documentado al menos nueve producciones generales (los seis grupos/subgrupos químicos más los *loners* mencionados), aunque en algunas de ellas se advierte, igualmente, una cierta variabilidad interna, que podría reflejar la existencia de más de una Unidad de Referencia Composicional de Pasta o URCP (Picon 1973; Bishop *et al.* 1982; Buxeda *et al.* 1995) dentro de las mismas.

La única importación muy clara dentro del conjunto analizado corresponde al individuo HV-09, una cazuela alta de tipo RHMW 8.1, hecha a mano o torno lento y correspondiente, dentro de los contextos tardíos de L'Horta Vella, a la Fase I (mediados del s. V). El análisis refleja, para este individuo, una composición química y petrográfica bien diferenciada. La fábrica observada (Grupo Petrográfico 4) es equivalente a una fábrica ya documentada en otros contextos tardorromanos diversos, denominada HMW 8.1 por Reynolds (1993), o fábrica 3.2/3.3 por Cau (2003). En particular, correspondería a la fábrica 3.2 de Cau (2003), con una mayor abundancia de biotita además del componente granodiorítico/tonalítico. Para esta fábrica se ha propuesto inicialmente una posible proveniencia en la zona de Murcia o sur de Alicante, si bien –ante la falta de mayores indicios arqueológicos por el momento– no pueden descartarse, sobre una base petrográfica, otras posibles áreas, tales como algunos sectores de la costa catalana o del Mediterráneo central (Cau 2003; 2007). El análisis del individuo HV-09 revela el uso de una pasta arcillosa poco calcárea y la presencia de una fracción gruesa arenosa mal seleccionada,

posiblemente añadida como desgrasante; es una fábrica cocida a bajas temperaturas y bastante porosa. Entre la composición química destaca un porcentaje elevado de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (19,6%) y, sobre todo, el contenido muy elevado de  $\text{Na}_2\text{O}$  (2,05%), que debe relacionarse con la abundancia de plagioclasa en la fábrica, tanto en forma de cristales individuales como formando parte de fragmentos de rocas plutónicas.

Dentro del Grupo Petrográfico 1 se han incluido diez individuos de cerámica de cocina a torno (ollas y cazuelas), sobre los que el estudio arqueológico inicial sugirió un origen local/regional para varios de ellos, exceptuando algunos para los que se planteaba un posible origen africano (en especial HV-16 y HV-17) y uno de posible origen oriental (HV-18). Sin embargo, la estrecha similitud petrográfica entre todos estos individuos sugiere una misma área de proveniencia general para los mismos. Esta hipótesis se vería reforzada por los datos químicos. Estos individuos conforman básicamente dos Grupos Químicos (A y B), que se diferencian sobre todo por un contenido ligeramente mayor de  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{K}_2\text{O}$  en el grupo B; si bien estas diferencias podrían indicar la existencia de más de una URCP, en otros aspectos las composiciones químicas de ambos grupos son similares, lo que reforzaría la hipótesis de una cierta relación entre ellos. Se advierte, asimismo, que los individuos mencionados de hipotético origen alóctono se engloban en el Grupo Químico B junto a otros dos individuos de presumible origen local/regional; las similitudes químicas y petrográficas entre estos individuos parecen sugerir, por el contrario, que todos corresponderían a una misma producción o, como mínimo, a producciones relacionadas. Cabe señalar que los individuos del Grupo Químico A corresponden todos a ollas y cazuelas de la Fase I (mediados del s. V), mientras que el Grupo Químico B, por el contrario, engloba individuos tanto de esta fase como, sobre todo, de la Fase III (finales del s. VI a mediados del s. VII), lo que sugiere una cierta continuidad temporal en la producción cerámica relacionada con este último grupo. Desde un punto de vista tecnológico, destaca, para todos estos individuos, la utilización de una pasta arcillosa poco calcárea y rica en  $\text{SiO}_2$ , esto último relacionable, sobre todo, con la gran abundancia de inclusiones de cuarzo. Además de las diferencias químicas mencionadas entre los Grupos Químicos A y B, algunas diferencias petrográficas menores entre los individuos analizados (sobre todo de tipo textural), incluso entre individuos de un mismo grupo químico, sugieren también la posible existencia de más de

una URCP. Son fábricas muy porosas, cocidas en general a temperaturas relativamente altas y en atmósferas de cocción variables (oxidantes o reductoras).

La proveniencia de este conjunto de individuos es difícil de precisar, debido a la composición básicamente sedimentaria del Grupo Petrográfico 1 (con amplio predominio de cuarzo monocristalino), aunque puede apuntarse que no se observa de manera clara la presencia de cuarzo de tipo eólico, lo que permitiría pensar en un origen no africano. Asimismo, la frecuencia de feldespatos, aunque subordinada, es ligeramente mayor que la documentada de forma habitual en fábricas tunecinas. Debe tenerse en cuenta, por otro lado, que la geología de la zona de Bétera (y alrededores) incluye depósitos básicamente sedimentarios, sin un aporte significativo de material ígneo o metamórfico (IGME 1986a; 1986b). Al realizar una comparación con la base de datos composicionales del ERAUB sobre cerámicas de cocina tardorromanas (p. ej. Cau 1994; 1999; 2003; 2007; Buxeda *et al.* 1997; 2005; Cau *et al.* 1997; 2010; Buxeda y Cau 2004; Macias y Cau 2012), los individuos de este Grupo Petrográfico 1 (Grupos Químicos A y B) no se relacionan con las producciones de cocina africana de las que disponemos de datos analíticos sino que, en cambio, se agrupan con una serie de individuos procedentes de diversos contextos de la ciudad de Valencia, incluyendo un vertedero de segunda mitad del s. V de la calle Unión en Valencia (Cau 2003: Fábrica 6.4 y variantes), así como también de otros contextos analizados recientemente de época bajoimperial y visigoda (inéditos). Esta similitud con individuos hallados en contextos de Valencia se registra tanto a nivel químico (con niveles de  $\text{K}_2\text{O}$  y  $\text{Rb}$  más altos y  $\text{Na}_2\text{O}$  claramente más bajo que en las cerámicas norteafricanas) como petrográfico. Si bien no es posible descartar por completo la hipótesis de una producción africana, que esté bien representada en estos diversos contextos de Valencia, la evidencia parece sugerir, por el contrario, la propuesta de una proveniencia regional como una hipótesis más probable, que debe ser mejor explorada en un futuro mediante la contrastación con grupos de referencia de la zona.

El individuo HV-21, correspondiente a un ejemplar de cerámica común (mortero) de la Fase III, muestra una composición química bien diferenciada, poco calcárea (aunque cerca del límite de una composición calcárea) y con porcentajes algo elevados de  $\text{MgO}$  y  $\text{K}_2\text{O}$ . En lámina delgada parece relacionarse con el Grupo Petrográfico 1, aunque presenta una fábrica particular y no resulta posible, en principio, precisar si su área de proveniencia sería

similar a la de los individuos de aquel grupo. Nuevamente, no se advierten indicios claros de una proveniencia africana, por lo que la hipótesis de una producción regional no debe ser descartada. Más allá del problema de la proveniencia, las particularidades composicionales y texturales de esta fábrica en comparación con las fábricas del Grupo Petrográfico 1 podrían deberse también a una cuestión tecnológica, considerando que se trata de una cerámica común y no –como en los individuos de dicho grupo– de cocina.

Al margen de HV-21, las restantes cerámicas comunes, sobre las que el estudio inicial sugirió un origen ebusitano (Jiménez *et al.* 2005), presentan, según los resultados del análisis arqueométrico, una composición química (Grupo E) y petrográfica (Grupo 2) bien diferenciada dentro del conjunto. Se trata de formas diversas: un lebrillo (HV-08), un plato (HV-11), un cuenco (HV-12) y un mortero (HV-15), asociadas a las tres primeras fases de los contextos tardoantiguos (Fases I-III: fig. 3). Pero también se incluye en este grupo una cerámica de cocina a torno (olla HV-07), de la Fase I, sobre la que el análisis sugiere una proveniencia similar a la de aquellos otros individuos. El estudio permite advertir una mayor relación petrográfica y química entre HV-07 y HV-15 (Fábrica 2.2; Subgrupo Químico E1), lo que sugeriría, en este caso, un proceso tecnológico similar para la manufactura de una cerámica común y una de cocina. Se trata de una fábrica relativamente fina, compacta y cocida a bajas temperaturas, asociada a una pasta arcillosa calcárea, con abundantes inclusiones finas de cuarzo y calcita. Los otros tres individuos, por su parte, corresponden a una fábrica más gruesa (Fábrica 2.2; Subgrupo Químico E2), debido a la presencia de fragmentos de caliza y cuarzo algo más grueso que en la Fábrica 2.1, que podría ser producto de la adición de un desgrasante o bien de un menor refinamiento de la pasta arcillosa utilizada por los alfareros. Es también de composición calcárea y poco porosa; la temperatura de cocción es, en este caso, más variable. En otros aspectos, la pasta arcillosa tiene algunas similitudes con la de la Fábrica 2.1, pero también diferencias importantes, como un menor contenido micáceo. Asimismo, algunas diferencias químicas entre ambos subgrupos apoyan su interpretación como dos URCP diferentes.

En cuanto a la proveniencia de este Grupo Petrográfico 2 / Grupo Químico E, la composición de las fábricas en lámina delgada no permite excluir, desde un punto de vista

estrictamente petrográfico, el origen ebusitano propuesto a partir del estudio arqueológico. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las fábricas no son asimilables a las fábricas de producción ebusitana de las que se tiene constancia a través de la colección de referencia del ERAAUB. Asimismo, la comparación con la base de datos químicos del ERAAUB sobre cerámicas comunes ebusitanas y de otras proveniencias (Buxeda *et al.* 1997, 1998, 2005; Cau *et al.* 1997, 2004, 2010; Buxeda y Cau 2004; Fantuzzi y Cau 2016), no muestra para estos individuos de L'Horta Vella una relación con las producciones ebusitanas. En cambio, los mismos tienden a formar un grupo separado en el análisis estadístico, que es similar en su composición, además, a una serie de cerámicas comunes y ánforas halladas en algunos contextos tardoantiguos de Valencia (inéditas), sobre las que no se descarta una posible producción local/regional. La observación petrográfica en lámina delgada permite también advertir esta relación con los individuos mencionados de Valencia. En cualquier caso, parecen necesarios muestreos más amplios de esta región con el fin de examinar esta hipótesis de una producción regional sobre una base más sólida.

Por último, cabe mencionar una serie de cerámicas de cocina hechas a mano o torno lento, tanto ollas (HV-13, HV-23) como cazuelas altas (HV-10, HV-24), cuyo análisis indica una clara similitud petrográfica entre sí (Grupo Petrográfico 3). Es probable que haya más de una producción representada, teniendo en cuenta las diferencias en la composición química entre estos cuatro individuos. Dos de ellos (HV-13, HV-24) conforman el Grupo Químico C, mientras que otros dos (HV-10, HV-23) se incluyen en el Grupo Químico D. En ambos casos se trata de producciones calcáreas (aunque con un contenido de CaO más elevado en el Grupo C) y con altas concentraciones de Ba. Más allá de alguna diferencia composicional clara (p.ej. en CaO, MnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), en otros aspectos sus composiciones globales no son muy diferentes, lo que no permitiría excluir una proveniencia en una misma área general. La composición petrográfica de estos individuos plantea ciertas dudas sobre una producción local en la zona de Bétera. En esta zona, se encuentran diversas formaciones geológicas de naturaleza sedimentaria, incluyendo varios aportes de calizas y otros depósitos calcáreos (IGME 1986a; 1986b), pero no se advierte una contribución metamórfica. La presencia de esta última –aunque de importancia secundaria– en las fábricas del Grupo 3 sugiere, por tanto, una probable proveniencia alóctona, difícil de precisar por el momento, aunque no se debería descartar una posible

producción regional. Desde el punto de vista tecnológico, la presencia de una fracción gruesa de naturaleza principalmente calcárea, bastante gruesa (arena gruesa-muy gruesa e incluso gránulos mayores a 2 mm) y poco seleccionada, podría sugerir la posible adición de un desgrasante. Todos los individuos fueron cocidos a bajas temperaturas (<800/850°C), aunque en atmósfera de cocción variable según el caso (oxidante, reductora, o reductora-oxidante). La estrecha similitud composicional entre HV-10 y HV-23 podría confirmar la sospecha inicial sobre el carácter residual de esta última olla dentro del contexto de la Fase IV (finales del s. VII a inicios del s. VIII), tratándose probablemente de un material relacionable con la Fase II (segundo cuarto del s. VI), a la que se adscriben HV-10 y HV-13. En cualquier caso, el hecho de que la cazuela HV-24 (Fase IV) se incluya igualmente en este grupo hace pensar que, o bien la misma también es residual, o se está en presencia de una producción similar en las Fases II y IV, no documentada por el momento en la Fase III, un problema que deberá examinarse mejor mediante nuevos estudios en el futuro.

## CONCLUSIONES

Los resultados del análisis arqueométrico de un conjunto de cerámicas de cocina y comunes halladas en L'Horta Vella ofrecen evidencias significativas sobre su proveniencia, que podrían hacer necesaria una reinterpretación de una parte de los contextos cerámicos documentados en los niveles tardoantiguos de este yacimiento. La llegada de importaciones a este asentamiento rural, a través seguramente del puerto de Valentia, es indiscutible, tal como indican diversas ánforas, vajillas finas, cerámicas comunes y de cocina cuyo carácter alóctono puede considerarse seguro (v. Jiménez *et al.* 2005); un ejemplo de esto es la cazuela de tipo RHMW 8.1 analizada en este estudio. Sin embargo, al menos una parte de las cerámicas de cocina y comunes que fueron consideradas, en un principio, como importaciones relacionadas, en especial, con producciones africanas y ebusitanas, podrían corresponder, por el contrario, a producciones regionales del área de Valencia, tal como sugiere la información obtenida a partir de la caracterización petrográfica, mineralógica y química de las mismas.

El carácter probablemente local o regional de una parte del conjunto analizado, tanto de cerámicas a torno como de otras manufacturadas a mano o torno lento, ya había

sido puesto de manifiesto en el estudio arqueológico inicial de los contextos cerámicos. El presente estudio ha permitido, por una parte, caracterizar los materiales, diferenciar estas producciones entre sí y obtener indicios sobre algunos aspectos de su tecnología de producción. Pero, asimismo, la estrecha similitud composicional registrada entre dichas cerámicas y algunas de las consideradas inicialmente como importadas, indica que ellas provendrían de una misma área de producción. La comparación con materiales de referencia tanto de otras regiones del Mediterráneo (incluyendo el N de África y las islas Baleares) como de otros contextos del área de Valencia, muestra una estrecha similitud con estos últimos, lo que parece indicar que se trataría de producciones regionales.

De estas producciones, se han identificado en este trabajo tres grupos petrográficos diferentes. Uno de ellos (Grupo 2) está asociado, sobre todo, a la producción de cerámica común, con dos fábricas bien diferenciadas a nivel petrográfico y químico. Los otros dos grupos petrográficos engloban, en cambio, cerámicas de cocina manufacturadas a torno (Grupo 1) o a mano/torno lento (Grupo 3). Se advierte, de esta manera, una cierta correlación entre las clases cerámicas y sus correspondientes composiciones petrográficas, lo que pone en evidencia el uso de diversas materias primas y elecciones tecnológicas diferentes en cada caso. De todas maneras, dentro de cada uno de estos grupos petrográficos se diferencia más de un grupo químico, lo que sugiere la existencia de más de una producción en cada caso.

Un aspecto importante derivado de este estudio es la existencia de probables producciones regionales de cerámicas de cocina y comunes con una cierta semejanza técnica a producciones africanas en el primer caso y ebusitanas en el segundo. Su correcta diferenciación dependerá, entre otras cuestiones, de conocer mejor las formas producidas en la región valenciana, de avanzar en el reconocimiento de las fábricas (incluyendo, cuando sea posible, la identificación de la presencia o ausencia de cuarzo eólico en la fracción gruesa, para una correcta distinción respecto a los materiales africanos) y, en última instancia, de efectuar una comparación de sus composiciones a través de análisis químicos, contrastando con bases de datos de referencia sobre producciones del N de África, Eivissa y Valencia. Con respecto a las formas, Pascual *et al.* (2003) advierten que la cazuela FCW 68, 12.1, definida por Fulford (1984) en Cartago y de la que en este trabajo se analizó un ejemplar (HV-16, en Grupo Petrográfico 1), no se encuentra documentada en ninguna otra área del Mediterráneo

a excepción de Benalúa (Reynolds 1993: W11h.1). Algo similar observa Reynolds (2010: 129) para esta y otras formas presentes en contextos de Valencia y consideradas habitualmente como importaciones tunecinas, pero que podrían corresponder, en cambio, a producciones locales o regionales. Las evidencias documentadas en el presente estudio arqueométrico ofrecen nuevos indicios que apoyan estas primeras hipótesis, abriendo nuevos interrogantes sobre el alcance de la producción cerámica en el área de Valencia en época tardoantigua y sobre la frecuencia relativa de importaciones y producciones locales/regionales en los contextos arqueológicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- AITCHISON, J. (1986): *The Statistical Analysis of Compositional Data*, London.
- AITCHISON, J. (1992): On criteria for Measures of Compositional Difference, *Mathematical Geology* 24, 365-379.
- BISHOP, G. L.; HARBOTTLE, G.; SAYRE, E. V. (1982): Chemical and mathematical procedures employed in the Maya Fine Paste ceramics project, *Analyses of Fine Paste ceramics: excavations at Seibal, Departament of El Petén, Guatemala* (J.A. Sabloff, ed.), Cambridge (MA), 238-314.
- BURRIEL, J. M.; ROSSELLÓ, M. (2000): Un vertedero bajoimperial en la C/ Conde de Trénor, 13-14 (Valencia). Estudio de sus materiales, *Sagvntvm-PLAV* 32, 169-184.
- BUXEDA, J. (1999a): Alteration and contamination of archaeological ceramics: The perturbation problem, *Journal of Archaeological Science* 26, 295-313.
- BUXEDA, J. (1999b): Problemas en torno a la variación composicional, *Arqueometría y arqueología* (J. Capel, ed.), Granada, 305-322.
- BUXEDA, J.; CAU, M. A. (2004): Annex I. Caracterització arqueomètrica de les produccions tardanes d'Iluro, *Laietània* 15, 449-498.
- BUXEDA, J.; CAU, M. A.; GURT, J. M.; TSANTINI, E.; RAURET, A. M. (2005): Late Roman Coarse and Cooking Wares from the Balearic Islands in Late Antiquity, *LRCW 1: Late Roman Coarse Wares, Cooking Wares and Amphorae in the Mediterranean. Archaeology and archaeometry* (J. M. Gurt, J. Buxeda, M. A. Cau, eds.), Oxford, 223-254.
- BUXEDA, J.; CAU, M. A.; GURT, J. M.; TUSET, F. (1995): Análisis tradicional y análisis arqueométrico en el estudio de las cerámicas comunes de época romana, *Ceràmica Comuna Romana d'època alt-imperial a la Península Ibèrica. Estat de la qüestió*, Empúries, 39-60.
- BUXEDA, J.; CAU, M. A.; LOSCHI, A. G.; MEDICI, A. (1998): Caracterización arqueométrica de las ánforas tardías de la cisterna de Sa Mesquida (Santa Ponça, Calvià, Mallorca). Resultados preliminares, *El vi a l'Antiguitat. Economia, producció i comerç al Mediterrani occidental. Actes del 2on Col·loqui Internacional d'Arqueologia Romana* (Badalona, 6-9 de maig de 1998), Badalona, 530-542.
- BUXEDA, J.; CAU, M. A.; TUSET, F. (1997): Las cerámicas de la Habitación 39 de la basílica de Es Cap des Port (Fornells, Menorca), primeros resultados, *Contextos ceràmics d'època romana tardana i de l'alta edat mitjana (segles IV-X). Actes Taula Rodona* (Badalona 1996), Barcelona, 229-248.
- BUXEDA, J.; KILIKOGLU, V. (2003): Total variation as a measure of variability in chemical data sets, *Patterns and process: a Festschrift in honor of Dr. Edward V. Sayre* (L. Van Zelst, ed.), Washington D.C., 185-198.
- CAU, M. A. (1994): Las cerámicas tardorromanas de cocina de Santa Ponça (Mallorca): estudio arqueométrico, *Bulletin de l'Association pour l'Antiquité Tardive* 3, 97-98.
- CAU, M. A. (1999): Importaciones de cerámicas tardorromanas de cocina en las Illes Balears: el caso de Can Sorà (Eivissa), *Arqueometría y arqueología* (J. Capel, ed.), Granada, 197-219.
- CAU, M. A. (2003): *Ceràmica tardorromana de cocina de las Islas Baleares. Estudio arqueométrico*, Oxford.
- CAU, M. A. (2007): El estudio de las cerámicas de cocina de ámbito mediterráneo, *Estudios de ceràmica tardorromana y altomedieval* (A. Malpica, J. C. Carvajal, ed.), Granada, 247-289.
- CAU, M. A.; GIRALT, J.; MACIAS, J. M.; PADILLA, J. I.; TUSET, F. (1997): La ceràmica del Nordeste peninsular y las Baleares entre los siglos V-X, *La céramique médiévale en Méditerranée. Actes du 6e congrès de l'AIECM2 (Aix-en-Provence, 1998)* (G. Démians d'Archimbaud, ed.), Aix-en-Provence, 173-192.
- CAU, M. A.; TSANTINI, E.; BUXEDA, J. (2004): Caracterització arqueomètrica de ceràmiques tardanes, *Illot des Frares* (M. Riera), Palma de Mallorca, 57-62.
- CAU, M. A.; TSANTINI, E.; GURT, J. M. (2010): Late Roman Coarse Wares and Cooking Wares from Son Peretó (Mallorca, Balearic Islands): archaeometrical approach, *LRCW3. Late Roman Coarse Wares, Cooking Wares and Amphorae in the Mediterranean: Archaeology and Archaeometry. Comparison between western and eastern Mediterranean* (S. Menchelli, S. Santoro, M. Pasquinucci, G. Guiducci, eds.), Oxford, 193-206.
- FANTUZZI, L.; CAU, M. A. (2016): Archaeometric characterisation of amphorae from the Late Antique city of Iluro (Mataró, Spain), *Journal of Archaeological Science: Reports*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.11.017>
- FULFORD, M. G. (1984): The coarse (kitchen and domestic) and painted wares, *The Avenue du Président Habib Bourguiba, Salammbô; the pottery and other ceramic objects from the*

- site. *Excavations at Carthage: the British Mission*, vol. I.2 (M. G. Fulford, D. P. S. Peacock, eds.), Sheffield, 155-231.
- IGME [INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA]. (1986a): *Mapa Geológico de España, E. 1:200.000, Valencia, Hoja 56*, Madrid.
- IGME [INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA]. (1986b): *Mapa Geológico de España, E. 1:200.000, Llíria, Hoja 55*, Madrid.
- JIMÉNEZ, J. L.; ARANEGUI, C.; BURRIEL, J. M. (2013): La definición territorial del triángulo *Saguntum-Valentia-Edeta*: estado de la cuestión, *Paysages ruraux et territoires dans les cités de l'Occident romain. Gallia et Hispania/ Paisajes rurales y territorios en las ciudades del Occidente romano. Galia e Hispania, Actes du colloque international AGER IX, Barcelona, 2010* (J.-L. Fiches, R. Plana-Mallart, V. Revilla, eds.), Presses Universitaires de la Méditerranée, Université Paul Valéry, Montpellier 3, 109-120.
- JIMÉNEZ, J. L.; BURRIEL, J. M. (2007): L'Horta Vella (Bétera, Valencia), *Sagvntvm-PLAV* 39, 193-198.
- JIMÉNEZ, J. L.; BURRIEL, J. M. (2008): VIII Campaña de excavaciones arqueológicas en L'Horta Vella (Bétera, Valencia), *Sagvntvm-PLAV* 40, 243-245.
- JIMENEZ, J. L.; BURRIEL, J. M.; ORTEGA, M. J.; ROSSELLO, M.; RUIZ, L. (2009): L'Horta Vella (Bétera, València), *Actes del Simposi: Les vil·les romanes a la Tarraconense. Implantació, evolució i transformació (Lleida, 2007)* (V. Revilla, J. R. González, M. Prevosti, eds.), Barcelona – Lleida, 175-181.
- JIMENEZ, J. L.; BURRIEL, J. M.; ROSSELLO, M.; SERRANO, M.; SALAVERT, J. V. (2008): La fase tardorromana de l'Horta Vella (Bétera, Valencia), *Las villae tardorromanas en el Occidente del Imperio. Arquitectura y función. Actas del IV Coloquio Internacional de Arqueología* (C. Fernández, V. García-Entero, F. Gil, eds.), Gijón, 629-638.
- JIMENEZ, J. L.; BURRIEL, J. M.; SERRANO, M.; SALAVERT, J. V.; ROSSELLO, M. (2005): L'Horta Vella (Bétera, Valencia). De vil·la altimperial a establiment rural visigòtic, *VI Reunió d'Arqueologia Cristiana Hispànica Valencia, 2003* (J. M. Gurt, A. Ribera, eds.), Barcelona, 305-315.
- JIMÉNEZ, J. L.; RIBERA, A.; ROSSELLÓ, M. (2014): *Valentia* y su *territorium* desde época romana imperial a la antigüedad tardía: una síntesis, *Ciudad y territorio: transformaciones materiales e ideológicas entre la época clásica y el Altomedioevo* (D. Vaquerizo, J. A. Garriguet, A. León, eds.), Monografías de Arqueología Cordobesa, 20, Córdoba, 265-282.
- MACIAS, J. M.; CAU, M. A. (2012): Las cerámicas comunes del nordeste peninsular y las Baleares (siglos V-VIII): balance y perspectivas de la investigación, *Cerámicas hispanorromanas II: producciones regionales* (D. Bernal, A. Ribera, eds.), Cádiz, 511-542.
- MAGGETTI, M.; NEURURER, C.; RAMSEYER, D. (2011): Temperature evolution inside a pot during experimental surface (bonfire) firing, *Applied Clay Science* 53, 500-508.
- PASCUAL, J.; RIBERA, A.; ROSSELLÓ, M. (2003): Cerámicas de la ciudad de Valencia entre la época visigoda y omeya (siglos VI-X), *Anejos de AEA* 28, 67-117.
- PASCUAL, P.; RIBERA, A.; ROSSELLÓ, M.; MAROT, T. (1997): València i el seu territori: contextos ceràmics de la fi de la romanitat a la fi del califat (270-1031), *Contextos ceràmics d'època romana tardana i de l'alta edat mitjana (segles IV-X)* (M. Comas, J. M. Gurt, A. López, P. Padrós, M. Roca, eds.), Barcelona, 179-202.
- PICON, M. (1973): *Introduction à l'étude technique des céramiques sigillées de Lezoux*, Dijon.
- QUINN, P. S. (2013): *Ceramic Petrography. The interpretation of archaeological pottery & related artefacts in thin section*, Oxford.
- REYNOLDS, P. (1993): *Settlement and Pottery in the Vinalopó Valley (Alicante, Spain): A.D. 400-700*, Oxford.
- REYNOLDS, P. (2010): *Hispania and the Roman Mediterranean, AD 100-700. Ceramics and Trade*, London.
- RIBERA, A. (2005): Origen i desenvolupament del nucli episcopal de Valencia, *VI Reunió d'Arqueologia Cristiana Hispànica Valencia, 2003* (J. M. Gurt, A. Ribera, eds.), Barcelona, 207-243.
- RIBERA, A.; ROSSELLÓ, M. (1999): *L'Almoina: el nacimiento de la Valentia cristiana*, Valencia.
- RIBERA, A.; ROSSELLÓ, M. (2000): El primer grupo episcopal de Valencia, *Los orígenes del cristianismo en Valencia y su entorno* (A. Ribera, ed.), Valencia, 165-186.
- RIBERA, A.; ROSSELLÓ, M. (2007): Contextos ceràmics de mitjans del segle V en València i en Cullera, *LRCW 2. Late Roman Coarse Wares, Cooking Wares and Amphorae in the Mediterranean: Archaeology and archaeometry* (M. Bonifay, J.C. Tréglia, eds.), Oxford, 189-198.
- RIBERA, A.; ROSSELLÓ, M. (2012): Las ánforas tardoantiguas de Valentia, *Rei Cretariae Romanae Fautorum Acta* 42, 385-396.
- ROSELLÓ, M. (2005): El territorium de Valentia a l'antiguitat tardana, *VI Reunió d'Arqueologia Cristiana Hispànica Valencia, 2003* (J. M. Gurt, A. Ribera, eds.), Barcelona, 279-304.
- ROSELLÓ, M.; RIBERA, A. (2005): Las cerámicas del siglo VII dC. en Valentia (Hispania) y su entorno, *Rei Cretariae Romanae Fautorum Acta* 39, 155-164.
- ROSELLÓ, M.; RIBERA, A.; RUIZ, E. (2010): Cerámicas de los niveles de ocupación del circo romano de Valencia en la época tardoantigua (siglos VI y VII), *LRCW3. Late Roman Coarse Wares, Cooking Wares and Amphorae in the Mediterranean: Archaeology and Archaeometry. Comparison between western and eastern Mediterranean* (S. Menchelli, S. Santoro, M. Pasquinucci, G. Guiducci, eds.), Oxford, 173-182.
- WHITBREAD, I. K. (1989): A proposal for the systematic description of thin sections towards the study of ancient ceramic technology, *Archaeometry: proceedings of the 25th international symposium* (Y. Maniatis, ed.), Amsterdam, 127-138.
- WHITBREAD, I. K. (1995): Appendix 3. The collection, processing and interpretation of petrographic data, *Greek transport amphorae: a petrological and archaeological study*, Atenas, 365-396.