

LOS TALLERES DE FABRICACIÓN DE MAYÓLICA DE OBRADORS/SANT ANASTASI Y REMOLINS DE LA CIUDAD DE LLEIDA (S. XVI-XVII) A TRAVÉS DE SU CARACTERIZACIÓN ARQUEOMÉTRICA

THE MAJOLICA WORKSHOPS OF OBRADORS/SANT ANASTASI AND REMOLINS IN THE TOWN OF LLEIDA (16TH-17TH CENTURIES) AFTER THEIR ARCHAEOMETRIC CHARACTERISATION

Jaume Buxeda i Garrigós (1) / Javier García Iñáñez (1, 2)

(1) *Cultura Material i Arqueometria UB (ARQ|UB) (GRACPE)*

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

(2) *Museum Conservation Institute (MCI), Smithsonian Institution*

RESUMEN: Desde finales de los años 80 del pasado siglo, las excavaciones arqueológicas han sacado a la luz los restos de diversos talleres de producción de mayólica de la ciudad de Lleida, fechados en los siglos XVI y XVII. El presente trabajo aborda su caracterización arqueométrica por Fluorescencia de Rayos X, Activación Neutrónica y Difracción de Rayos X. Los resultados muestran las diferencias existentes entre los talleres del siglo XVI y del siglo XVII, que parece corresponderse con un cambio más profundo, dentro de lo que parece una mayor especialización en la producción de este tipo cerámico.

SUMMARY: The remains of several majolica production workshops have been unearthed by archaeologists, since the end of the 80s of the last century. Those workshops are dated back to the 16th and 17th centuries. Thus, an archaeometric programme has been conducted in order to get a better understanding. Several shards have been characterized by X-Ray Fluorescence, Neutron Activation, and X-Ray Diffraction. The results highlight the differences between 16th and 17th centuries productions. These differences seem to reflect a deeper transformation in the process for a higher specialization in majolica production.

PALABRAS CLAVE: Lleida, mayólica, fluorescencia de rayos X, activación neutrónica, difracción de rayos X.

KEY WORDS: Lleida, majolica, X-ray fluorescence, neutron activation, X-ray diffraction.

I. INTRODUCCIÓN

El conocimiento sobre la producción cerámica en época moderna en la ciudad de Lleida se basaba en la evidencia documental y en los topónimos existentes, o conservados, en las calles de la actual ciudad (Lladonosa 1961; Gil *et al.* 2002). Tradicionalmente se consideraba el barrio de Sant Llorenç, en la zona sur de la ciudad, de población más tardía y dispersa, como la zona de tradición ceramista, ya desde el siglo XII. En este sentido, se explicaban la existencia en este barrio de los topónimos Obradors (Talleres) y Escudellers (Loceros), actualmente Sant Anastasi.

No sería, sin embargo, hasta el año 1986, cuando se llevó a cabo una primera excavación arqueológica en esta zona, que revelaría los restos de esta actividad artesana. En esta ocasión, apro-

vechando las obras de pavimentación de la calle Sant Anastasi (antigua Escudellers), se descubrió un depósito cerámico, interpretado como un testar de los talleres de mayólica (loza) de la ciudad. A raíz de este descubrimiento, en 1989-1990 se excavó el solar contiguo, conocido como el Pati d'en Miqueló, entre las calles Sant Anastasi y Obradors (Figura 1), hallándose estructuras de dos hornos cerámicos, muy arrasadas, así como gran abundancia de materiales relacionados con la producción cerámica (mayólicas, herramientas de horno, trípodes, etc.), que se fechaban en el S. XVII, sin que fuera posible una mayor concreción (Lorient y Oliver 1991).

Inesperadamente, en 1998, durante la realización de unas excavaciones arqueológicas en el solar del número 19 de la calle Cardenal Remolins (Figura 1), al norte de la ciudad, se descubrieron

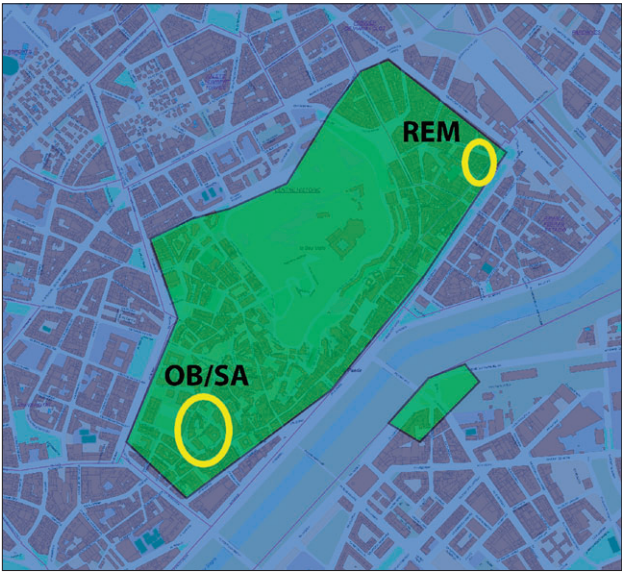


Fig. 1. Plano de la ciudad de Lleida con entramado correspondiente a la ciudad de época moderna. OB/SA: situación de los talleres de Obradors-Sant Anastasi. REM: situación de los talleres de Remolins.

los restos de un horno cerámico de tipo moruno, con una cámara de cocción baja, o sagén, en donde se colocarían las piezas pequeñas, al nivel de la caldera, y una segunda, alta, no conservada. Los abundantes materiales aparecidos permitieron fechar la actividad de este taller entre 1550 y el primer cuarto del S. XVII (Bardina 2000).

Finalmente, el año 2004, otra excavación arqueológica en la calle Obradors, aún inédita, reveló lo que constituía la continuación del centro productor documentado anteriormente en el solar del Pati d'en Miqueló, completando la visión que actualmente tenemos de este centro de Obradors-Sant Anastasi.

II. MUESTREO Y TÉCNICAS ANALÍTICAS

Para la caracterización arqueométrica de las mayólicas producidas en los citados centros, se procedió a tomar una muestra de once individuos procedentes de la excavación de la calle Cardenal Remolins, de 1998, así como nueve individuos de la excavación de 1986 del vial de Sant Anastasi y diez individuos de la excavación de 2004 de la calle Obradors, totalizando un conjunto de treinta individuos (Tabla 1, Figura 2).

Yacimiento	Decoraciones				Total
	Azul	Azul y verde	Polícroma	Sin decoración	
Remolins	9	-	-	2	11
Obradors	4		1	5	10
St. Anastasi	8	1	-	-	9
Total	21	1	1	7	30

Tabla 1. Cuadro resumen de los individuos analizados.

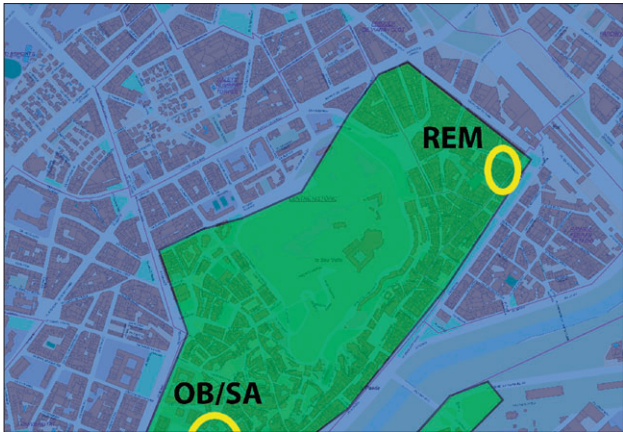


Fig. 2. Arriba, izquierda: individuo MJ0389 de Remolins. Arriba, derecha: individuo MJ0391 de Remolins. Abajo, izquierda: individuo MJ0308 de Sant Anastasi. Abajo, derecha: individuo MJ0295 de Sant Anastasi.

Todos los individuos fueron analizados por Fluorescencia de Rayos X (FRX) y Difracción de Rayos X (DRX), y 5 individuos de cada excavación, un total de 15, fueron ulteriormente analizados por Activación Neutrónica (AN). Una descripción completa y detallada de las rutinas analíticas empleadas ha sido ya publicada anteriormente (Iñáñez 2007).

III. RESULTADOS ANALÍTICOS Y DISCUSIÓN

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

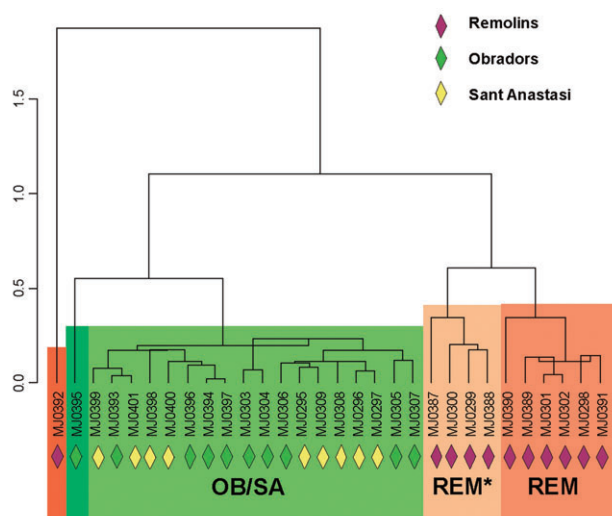


Fig. 3. Dendrograma del análisis de agrupamiento sobre los datos de FRX para los 30 individuos caracterizados. OB/SA: Obradors-Sant Anastasi; REM: Remolins; REM*: Remolins con alteraciones significativas.

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 indeterminaciones 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 se puede observar el resultado del análisis de agrupamiento realizado con el programa S-Plus (MathSoft 1999), utilizando la distancia euclidiana al cuadrado, con el algoritmo aglomerativo del centroide, sobre la subcomposición Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , SiO_2 , Ba, Nb, Zr, Sr, Ce, V, Zn, Ni y Cr, con transformación CLR, de los datos obtenidos por FRX. El estudio del dendrograma resultante (Figura 3) muestra la existencia de dos agrupaciones principales que se corresponden por un lado con los individuos procedentes de la zona de talleres encontrada en las excavaciones de Obradors y Sant Anastasi (indicada como OB/SA en la Figura 3), y por otro lado los individuos procedentes del taller encontrado en las excavaciones de Remolins (indicado como

REM en la Figura 3). Estos resultados muestran claramente las diferencias existentes entre los talleres del S. XVI, de Remolins, y los posteriores del S. XVII, de Obradors-Sant Anastasi. Una mirada más atenta al dendrograma muestra que una parte importante de los individuos que forman el grupo de referencia REM presentan diferencias composicionales significativas, formando un grupo a parte indicado como REM* (Figura 3). Estas diferencias son debidas a la existencia de un doble proceso de alteración durante el período de deposición, que afecta especialmente a las cerámicas calcáreas cocidas a altas temperaturas. En estos casos, es posible que durante el período postdeposicional se produzca una alteración de la fase vítrea, que provocaría la lixiviación del potasio. Sobre esta fase vítrea alterada, cristalizaría, como fase secundaria, la analcima, una zeolita sódica que fijaría sodio alóctono en la cerámica (Buxeda 1999; Schwedt *et al.* 2006).

Es fácil observar, pues, que los individuos afectados por este doble proceso de alteración son los que se incluyen en el grupo REM*. Únicamente el individuo MJ0392 ocupa una posición totalmente marginal en el dendrograma de la Figura 3, debido a que los procesos de alteración han sido especialmente severos en este individuo. Este

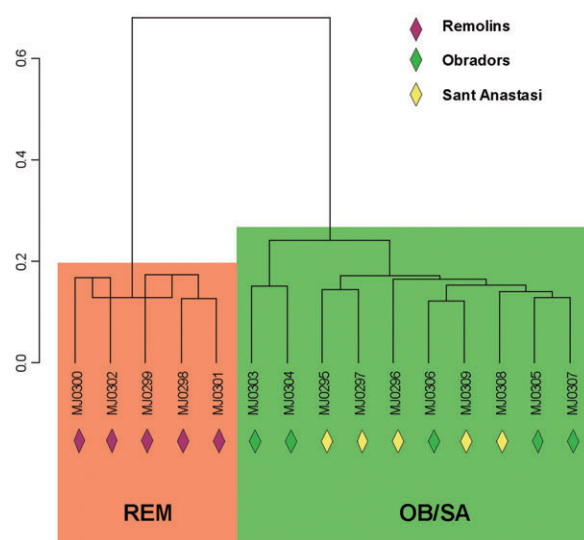


Fig. 4. Dendrograma del análisis de agrupamiento sobre los datos de AN para los 15 individuos caracterizados. OB/SA: Obradors-Sant Anastasi; REM: Remolins.

FRX	REM		OB/SA		TSH-LLEIDA	
	Media	s	Media	s	Media	s
Fe ₂ O ₃ (%)	7.10	0.33	5.74	0.42	7.24	0.32
Al ₂ O ₃ (%)	20.07	0.98	16.39	0.95	20.29	0.91
MnO (%)	0.08	0.004	0.08	0.01	0.09	0.01
P ₂ O ₅ (%)	0.18	0.02	0.18	0.04	0.28	0.07
TiO ₂ (%)	0.76	0.02	0.69	0.03	0.85	0.03
MgO (%)	2.64	0.11	2.58	0.18	2.93	0.19
CaO (%)	13.82	2.79	22.46	2.54	9.71	1.26
Na ₂ O (%)	1.26 (0.93) ^a	0.48 (0.22) ^a	0.55 (0.53) ^b	0.12 (0.08) ^b	1.30	0.35
K ₂ O (%)	3.60 (4.36) ^a	0.98 (0.12) ^a	2.74 (2.77) ^b	0.40 (0.39) ^b	4.20	0.15
SiO ₂ (%)	50.29	1.07	48.44	0.98	52.94	1.00
Ba (µg/g)	595	65	379	46	504	48
Nb (µg/g)	19	1	18	1	18	1
Zr (µg/g)	132	5	137	7	136	7
Sr (µg/g)	651	149	549	55	366	56
Ce (µg/g)	65	5	59	7	70	7
V (µg/g)	135	9	95	6	144	12
Zn (µg/g)	142	13	103	10	151	7
Ni (µg/g)	57	6	46	5	50	3
Cr (µg/g)	82	10	65	12	88	3

Tabla 2. Media y desviación estándar (s) de los 30 individuos analizados por FRX diferenciados de acuerdo a los grupos químicos propuestos, además del grupo de TSH de Lleida. a) media y desviación estándar de los individuos del grupo REM sin tener en cuenta para su cálculo aquellos individuos con presencia de analcima en sus difractogramas. b) Media y desviación de los individuos del grupo OB/SA sin tener en cuenta para su cálculo el individuo MJ0395.

doble proceso de alteración se da con menor intensidad en algunos individuos del grupo de referencia OB/SA, tan sólo destacándose en el individuo MJ0395, que ocupa así una posición marginal en este grupo (Figura 3).

Esta estructura básica en dos grupos, REM y OB/SA, también se observa a través de los datos de AN. En este caso, el resultado del análisis de agrupamiento realizado también con el programa S-Plus (MathSoft 1999), utilizando la distancia euclidiana al cuadrado, con el algoritmo aglomerativo del centroide, sobre la subcomposición Al, Ba, Ca, Dy, Mn, Ti, V, La, Lu, Nd, Sm, U, Yb Ce, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Sc, Ta, Tb, Th, Zn y Zr, con transformación CLR, ofrece un dendrograma (Figura 4) en el cual los dos grupos se presentan cada uno como químicamente homogéneos, ya que no se ha considerado ni el potasio, ni el sodio.

Los dos grupos identificados han sido contrastados con el banco de datos de FRX relevante para estas producciones y que cuenta con 930 individuos (ver especialmente Iñáñez 2007) sin que

se haya encontrado ninguna correspondencia, resaltando, aún más, el carácter local de estos grupos, pero también indicando que, hasta el presente, estas producciones de Lleida no han sido encontradas fuera de esta ciudad. Igualmente, se ha procedido a contrastar estas producciones con la única producción cerámica local, caracterizada arqueométricamente, existente hasta el presente, el taller de Terra Sigillata Hispánica de Lleida (Buxeda y Madrid 2000) (Figura 5). Curiosamente, se observa la similitud química existente entre las producciones cerámicas de Terra Sigillata altoimperial y las cerámicas de la segunda mitad del siglo XVI del centro productor de Remolins (REM). Este hecho permite aventurar la hipótesis de la explotación de las mismas arcilleras para la obtención de ambas producciones tradicionales. Opuestamente, la producción identificada como OB/SA, más moderna cronológicamente (siglo XVII), parece seleccionar intencionadamente nuevos materiales arcillosos para obtener pastas más calcáreas, las cuáles, en condiciones oxidantes de alta temperatura, producirían colores más claros en las pastas (Molera *et al.* 1998) (Tablas 2 y 3). Estas pastas de colores más claros serían intencional-

NAA	REM		OB/SA	
	Media	s	Media	s
As (µg/g)	39	8	26	11
La (µg/g)	42	0	35	3
Lu (µg/g)	0.43	0.03	0.36	0.04
Nd (µg/g)	33	1	28	2
Sm (µg/g)	6.87	0.05	5.76	0.43
U (µg/g)	4.44	0.84	3.28	0.21
Yb (µg/g)	2.83	0.22	2.43	0.21
Ce (µg/g)	84	1	70	6
Cr (µg/g)	106	3	90	7
Cs (µg/g)	10.89	0.62	8.13	1.49
Eu (µg/g)	1.41	0.01	1.17	0.09
Fe (%)	5.01	0.08	3.99	0.35
Hf (µg/g)	3.7	0.1	3.9	0.3
Rb (µg/g)	169	8	118	17
Sb (µg/g)	5.1	0.2	4.9	2.4
Sc (µg/g)	18.5	0.3	14.5	1.2
Sr (µg/g)	750	213	606	51
Ta (µg/g)	1.3	0.0	1.2	0.1
Tb (µg/g)	1.0	0.1	0.8	0.0
Th (µg/g)	15.1	0.2	11.8	1.0
Zn (µg/g)	138	13	103	12
Zr (µg/g)	113	12	112	12
Al (%)	9.34	0.92	8.23	0.78
Ba (µg/g)	513	28	362	68
Ca (%)	8.89	0.42	14.37	1.61
Dy (µg/g)	4.5	0.3	4.1	0.4
K (%)	2.92	0.53	2.18	0.31
Mn (%)	0.07	0.00	0.07	0.00
Na (%)	0.77	0.25	0.39	0.08
Ti (%)	0.37	0.04	0.39	0.05
V (µg/g)	167	12	127	10

Tabla 3. Media y desviación estándar (s) de los 15 individuos analizados por AN diferenciados de acuerdo a los grupos químicos propuestos.

mente buscadas para, de esta manera, impedir que la señal cromática de la pasta interfiriera en el color final del vidriado y, por consiguiente, presentara un color blanco opaco más intenso sobre el cuál resaltarán las decoraciones.

El estudio de los difractogramas obtenidos a partir del análisis de Difracción de rayos X sobre los individuos cerámicos procedentes de Lleida permite la atribución de los mismos en diversas fábricas según la asociación de sus fases cristalinas, las cuáles permiten establecer una aproximación

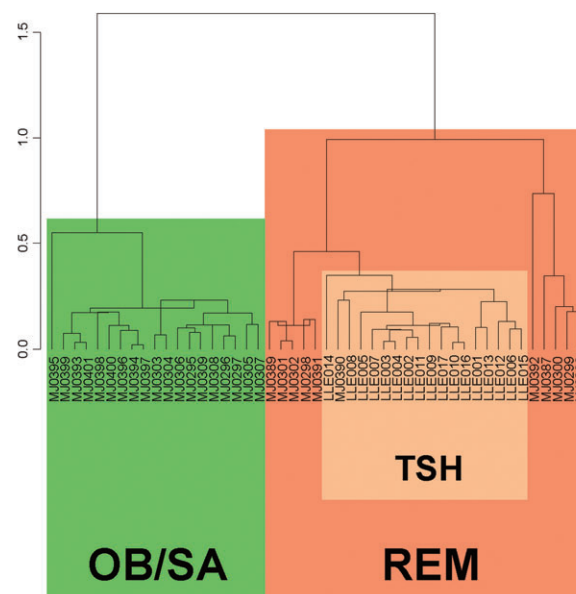


Fig. 5. Dendrograma del análisis de agrupamiento sobre los datos de FRX para los 30 individuos caracterizados de cerámica mayólica y los 17 individuos de Terra Sigillata Hispánica procedentes de la ciudad de Lleida. OB/SA: Obradors-Sant Anastasi; REM: Remolins; TSH: Terra Sigillata Hispánica.

a la temperatura de cocción equivalente (TCE) para estos individuos. Concretamente, el grupo REM puede dividirse en tres fábricas. Respectivamente, la fábrica REM-F1, con el solo individuo MJ0389, permite establecer una TCE entre 900/950 °C y 950/1000 °C, debido a la existencia de gehlenita y piroxeno, probables fases de cocción que indicarían que se superaron los 900 °C durante la cocción, mientras que la presencia de illita-muscovita permite estimar que no se sobrepasaron los 950/1000 °C, temperaturas a partir de las cuáles estos minerales se descomponen. La asociación cristalina de la fábrica REM-F2, compuesta por tan sólo 2 individuos, permitiría estimar una TCE entre (950 y 1000) °C, ya que se aprecia un desarrollo importante de piroxeno, mientras que aún puede apreciarse, aunque en menor medida que en la fábrica F1, la presencia de illita-muscovita. La fábrica REM-F3, compuesta por 5 individuos y representada por el individuo MJ0392 (Figura 6, superior), presenta una asociación de fases cristalinas que permite establecer una TCE superior a 1050 °C. La característica más destacable de esta fábrica es la presencia de analcima en sus difractogramas, hecho que estaría relacionado con una fase vítrea de importancia destacable y desarrollada a altas temperaturas.

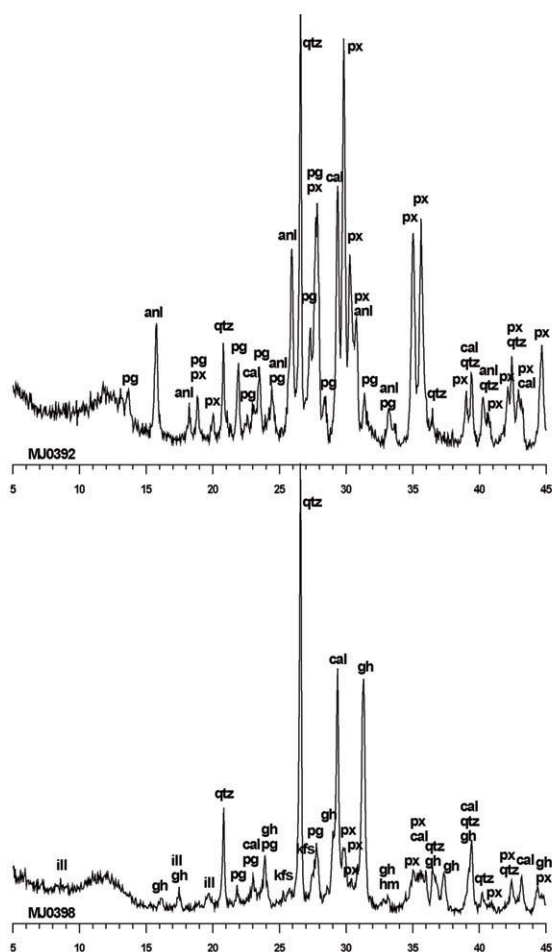


Fig. 6. Difractogramas, en 2θ , de los análisis de DRX sobre los 30 individuos caracterizados. qtz: cuarzo; ill: illita-muscovita; cal: calcita; kfs: feldespato alcalino; pg: plagioclasa; gh: gehlenita; px: piroxeno; hm: hematites; anl: analcima.

Por otro lado, el grupo OB/SA puede subdividirse en cuatro fábricas de acuerdo a su asociación mineralógica. El estudio mineralógico de la fábrica OB/SA-F1, compuesta por 5 individuos y representada por el individuo MJ0398 (Figura 6, inferior), permite establecer una TCE entre (900/950 y 950/1000) °C debido a la presencia significativa de illita-muscovita junto a fases de cocción como gehlenita y piroxeno. La fábrica OB/SA-F2, representada por el solo individuo MJ0305, presenta un importante desarrollo de gehlenita y piroxeno, mientras que la intensidad de la illita-muscovita es muy reducida, permitiendo así establecer una TCE entre (950 y 1000) °C. La TCE de la fábrica OB/SA-F3, compuesta por 3 individuos, ha sido establecida entre (1000 y 1050) °C, de acuerdo a la similitud de las fases cristalinas presentes con la fábrica OB/SA-F2, pero contando con la completa

ausencia de illita-muscovita. Finalmente, la fábrica OB/SA-F4, representado por el individuo, presenta entre sus fases cristalinas analcima y leucita, un feldespatoide potásico que impide ver si todo el feldespato potásico original se ha descompuesto, así como una importante presencia de gehlenita. Esta asociación de fases permite establecer una TCE entre (1000 y 1050) °C. Todas estas fábricas representan, a pesar de sus diferentes TCE estimadas, unas cocciones en torno a los 950/1000 °C que son características de este tipo de producciones y cuyas diferencias pueden incluso deberse a las variaciones de temperatura dentro de los propios hornos.

IV. CONCLUSIONES

El presente trabajo ha permitido la caracterización arqueométrica de producción de cerámica mayólica de la ciudad de Lleida de los siglos XVI y XVII. En este sentido, se han identificado dos producciones diferenciadas entre las cerámicas de la ciudad correspondientes a diferentes cronologías. La primera (REM), formada por cerámicas procedentes de las excavaciones de Remolins, presenta una cronología de la segunda mitad del S. XVI; mientras que la segunda (OB/SA), formada por cerámicas procedentes de las excavaciones de las calles Obradors y Sant Anastasi, ha sido datada arqueológicamente como del S. XVII. Cabe destacar que los materiales utilizados para la fabricación de ambas producciones son diferentes, siendo los utilizados para REM similares a los empleados en momentos anteriores (Terra Sigillata Hispánica de producción local). Las arcillas utilizadas para la fabricación de la mayólica del grupo OB/SA son más calcáreas que las utilizadas por los artesanos que fabricaron las cerámicas del grupo REM. Este cambio parece responder a una transformación intencionada en la producción, que, además de un traslado de los talleres y variaciones en los estilos decorativos, inicia una mejora técnica importante, con la selección de materias primas más adecuadas para obtener unas pastas claras.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se incluye en el proyecto TECNOLONIAL – Impacto tecnológico en el Nuevo Mundo colonial. Aculturación en arqueología y ar-

queometría cerámica (HAR2008-02834/HIST), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, y forma parte también del proyecto ARCHSYMB – Building the concept of Europe. Majolica pottery as a common symbol of European countries in Modern times (PIOF-GA-2008-221399), del programa Marie Curie International Outgoing Fellowship del 7º Programa Marco de la Comunidad Europea. Los

análisis de Fluorescencia de Rayos-X y de Difracción de Rayos X se han realizado en los Serveis Científicotècnics de la Universitat de Barcelona. Los análisis de Activación Neutrónica se han realizado en el Missouri University Research Reactor. Las muestras cerámicas han sido facilitadas por Anna Oliver i Castanos y Ana Lorient Pérez del Server d'Arqueologia del Ajuntament de Lleida.

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. y 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.
- BARDINA, E. 2000: "Un forn de ceràmica d'època moderna a la intervenció arqueològica del carrer Cardenal Remolins (Lleida)". *Revista d'Arqueologia de Ponent* 10: 337-351.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J. 1999: "Alteration and Contamination of Archaeological Ceramics: The Perturbation Problem". *Journal of Archaeological Sciences* 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-i-Estadella y J. Martín-Fernández (ed.): *Proceedings of CODAWORK'08, The 3rd Compositional Data Analysis Workshop, May 27-30*. University of Girona. Girona: 1-18.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J. y MADRID I FERNÁNDEZ, M. 2000: *Caracterització arqueomètrica de la producció de Terra Sigillata de Lleida*. Informe del projecte FBIG 300917. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- GIL, I.; LORIENTE, A.; MOLINS, M.; MORÁN, M. y PAYÀ, X. 2001-2002: "Darreres aportacions arqueològiques al coneixement de la ciutat de Lleida en època moderna". *Revista d'Arqueologia de Ponent* 11-12: 359-385.
- IÑÁÑEZ, J.G. 2007: *Caracterització arqueomètrica de la ceràmica vidriada decorada de la Baixa Edat Mitjana al Renaixement als centres productors de la Península Ibèrica*. Universitat de Barcelona. Barcelona (URL: <http://www.tdx.cat/TDX-0205107-115739>).
- LLADONOSA, J. 1961: *Las calles y plazas de Lérida a través de la Historia*. Vol. I. Lleida.
- LORIENTE, A. y OLIVER, A. 1991: "Intervenció arqueològica al Pati d'en Miqueló, Lleida". *Revista d'Arqueologia de Ponent* 1: 239-261.
- MATHSOFT 1999: *S-PLUS 2000. User's Guide. Data Analysis Products Division*, MathSoft. Seattle.
- MOLERA, J.; PRADELL, T. y VENDRELL-SAZ, M. 1998: "The colours of Ca-rich ceramic pastes: origin and characterization". *Applied Clay Science* 13: 187-202.
- SCHWEDT, A.; MOMMSEN, H.; ZACHARIAS, N. y BUXEDA I GARRIGÓS, J. 2006: "Analcime crystallization and compositional profiles - comparing approaches to detect post-depositional alterations in archaeological pottery". *Archaeometry* 48(2): 237-251.