

## LA TECNOLOGÍA DE LA CERÁMICA ISLÁMICA Y MUDÉJAR

por

J. MOLERA<sup>1</sup>, T. PRADELL<sup>2</sup>, L. MERINO<sup>1</sup>, M. GARCÍA-VALLÉS<sup>1</sup>,  
J. GARCÍA-ORELLANA<sup>3</sup>, N. SALVADÓ<sup>4</sup> y M. VENDRELL-SAZ<sup>1</sup>

### ABSTRACT

This paper analyzes the ceramic production of several workshops and productive areas of islamic tradition in Spain (islamic sensu strictu and hispano-moresque —mudejar—) in order to show the evolution of the productive techniques before and after the christian invasion of Jaume I in the arabian territories. The studies sites are: Murcia (islamic, 10th cent.), Balaguer (islamic, 11th cent.), Mallorca (a local islamic production of the 11th century), Denia (islamic, 13th century), Paterna (mudejar, 13th and 14th to 15th centuries), Catalonia (15th to 16th cent.) and Granada (islamic 14-15th century —nasri production—).

On the basis of the analytical result several conclusions are proposed: i) all the workshops (islamic and mudejar) produced different pastes according the use of the pieces; ii) all the glazes are  $\text{SiO}_2$ - $\text{PbO}$  glasses with some other elements (under 5%) partially from the diffusion of the paste during firing; iii) the transparent glazes are produced in a double firing process in the early islamic world (Murcia 10th cent.) while they are made in a single firing in later workshops and the colours are produced by Fe (yellow), Cu (green) and Mn (brown) in the islamic productions but only iron ( $\text{Fe}^{+2}$  or  $\text{Fe}^{+3}$ ) in the mudejar workshops; iv) the opacified glazes are in all the cases tin glazes and the differences arise from the size and distribution of the  $\text{SnO}_2$  crystals in the glass, being homogeneous in the islamic productions and mudejar ones who used frittes to obtain them.

---

1. Dept. Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals. Universitat de Barcelona. C/ Martí i Franquès, s/n, 08028 Barcelona.

2. Dept. Física. Escola Enginyers Tècnics Agrícoles. C/ Urgell, 180, 08026 Barcelona.

3. Dept. Física de Radiacions. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra.

4. Dept. d'Enginyeria Química. EUPVG, UPC. Avg. Víctor Balaguer, s/n. 08800 Vilanova i la Geltrú.

From these data, the continuity of the islamic tradition after the christian conquest has been demonstrated. However, there is some evolution in the productive processes which tend to some kind of industrialization by avoiding some steps in the productive sequence which did not contribute to a highest quality product.

## INTRODUCCIÓN

La técnica de barnizar la cerámica surgió a raíz del descubrimiento del vidrio, que tuvo lugar en Mesopotamia en el siglo V a.C. (Tite, 1987; Kingery y Vandiver, 1986). De hecho los verdaderos vidrios no se obtuvieron hasta el 2000 a.C, mezclando arena de cuarzo y fundentes alcalinos que se trabajaban una vez enfriados. Poco antes del 1000 a.C el vidrio ya se trabajó en caliente y se coloreó con Cu y Co para obtener vidrios verdes y azules, respectivamente. En esta época se empezó a añadir pequeñas cantidades de plomo a la receta del vidrio para darle más brillo (mayor índice de refracción), menor dureza para ser trabajado en crudo y para que tuviese menor contracción en el enfriamiento. Paralelamente al uso de plomo en los vidrios aparecieron las primeras cerámicas con cubiertas vítreas, posiblemente porque el plomo favorece una contracción similar entre la pieza y el barniz. En la **tabla 1** se muestra la composición de una receta de barniz cerámico que se encontró en el norte de Irak 1000 a.C (Cooper, 1988):

Tabla 1. Composición de un barniz cerámico del norte de Irak 1000 a.C.  
(Cooper, 1988)

COMPOSICIÓN	PARTES
frita de vidrio alcalina	243
plomo	40
cobre	58
sal común	3
cal	5

Durante muchos siglos en el próximo Oriente se emplearon barnices alcalinos en mayor cantidad que los plumbíferos, mientras que en el Imperio Romano occidental la cerámica barnizada, no muy común comparada con la *terra sigillata*, se hacía con barnices ricos en plomo, alrededor del 70-80%, según Pérez Arantegui *et al* (1995).

Tradicionalmente se ha pensado que la técnica de opacificar los vidriados surgió con la voluntad de imitar a la proto-porcelana de China, pero diversos estudios (Mason, 1994; Kleinmann, 1986) muestran que el origen de la opacificación de los vidrios es muy antigua y que surgió en Irak 500 a.C. Estos primeros vidriados opacos (esmaltes) no contenían estaño, sino otras fases cris-

talinas como granos de cuarzo, feldespatos no disueltos o cristales de wollastonita, anortita o diópsido, dispersos en el vidrio. Estos esmaltes se decoraban con reflejos metálicos, en azul y en verde y morado. El inicio de los esmaltes opacificados con estaño se sitúa a Irak en la primera mitad del siglo VIII. Según Caiger Smith (1973) y Mason y Tite (1997) no son esmaltes sino unas capas enriquecidas en estaño sobre las cuales aplicaban un barniz transparente (una especie de engalba de estaño). En la segunda mitad del siglo VIII se encuentran ya los primeros esmaltes con estaño, son vidriados alcalinos con una concentración en casiterita relativamente baja ( $\text{SnO}_2$  en peso 4%). A lo largo del siglo IX los vidriados presentan mayor contenido de plomo y se emplean pastas más cálcicas. En el año 975 los ceramistas de Basra y posiblemente de otros centros de Irak se desplazaron hacia Egipto y se establecieron en Fustat, el antiguo Cairo, donde importaron la técnica de los esmaltes opacificados con estaño y de los reflejos metálicos. Al principio utilizaban esmaltes con alto contenido en estaño (6-12%  $\text{SnO}_2$ ) y entre 20-30% de  $\text{PbO}$  sobre pastas de piedra (stonepastes) que son una mezcla de arena de cuarzo 80%, arcilla 10% y vidrio 10%. Lentamente fueron introduciendo más plomo en los esmaltes y menor contenido en Sn (25-35%  $\text{PbO}$  y 5-10% Sn). En el siglo XI dejan de utilizar las pastas de piedra y se sustituyen por pastas arcillosas cálcicas. Los esmaltes son mixtos (14%  $\text{PbO}$ -9% Na) y no se usa estaño sino que la opacidad se produce por los cristales de wollastonita generados en la interfase.

Según Mason y Tite (1994) y Caiger Smith (1985), en 1075 ceramistas de Fustat se trasladaron a la Península Ibérica para producir reflejo metálico. Pero con la conquista musulmana a inicios del siglo VIII ya se había introducido la técnica y el estilo de producción de la cerámica islámica en la península. Primeramente se importaban las piezas de Egipto y Persia, pero luego rápidamente surgieron centros de fabricación de cerámica barnizada y esmaltada en las proximidades del califato de Córdoba, Medina-al Zahara y Elvira. La cerámica verde y morada de época Califal de Córdoba son producciones locales como ha demostrado Escudero (1990); los esmaltes tienen una proporción de plomo entre el 20 y el 40% y alrededor del 15% de estaño.

Durante el período de los Reinos Taifa (1031-1268), se observa una gran influencia de los almorávides y de los almohades en el estilo decorativo y formal de las piezas, la mayoría de las cuales están decoradas a cuerda seca parcial (Pérez-Arantegui *et al.* 1996). En el período nazarí (1238-1492) la cerámica islámica se decoraba en cuerda seca total, mientras que en los talleres mudéjares contemporáneos del siglo XIII, la cerámica barnizada es monocroma y la decorada en verde y morado sobre esmalte de estaño.

La decoración en verde y morado a base de Cu y Mn apareció en el Al-Andalus en el período Califal, pero ya se observaba en el norte de África en el siglo X y se aplicaba a todo tipo de cerámica de servicio de mesa, platos, ataífores, jofainas, jarras, jarros, etc. Según Rosselló Bordoy (1987) es indudable la conexión con piezas decoradas en cuerda seca, simplificando el proceso. Se ha encontrado gran cantidad de cerámica verde y morada en Sevilla, Toledo, Extremadura, la Meseta central, Murcia, Zaragoza, Lleida y Balaguer, que

permiten apuntar hacia una difusión generalizada de este tipo de decoración que abarca todo el ámbito andaluz entre los siglos X-XI. Después del siglo XI la técnica decae y casi desaparece en el siglo XII. Reaparece tímidamente en el siglo XIII bajo dominio musulmán y se traspaasa la técnica al mundo cristiano a finales del siglo XIII, en Paterna, Teruel y Cataluña, entre otros. Con la fuerte moda del azul, los reflejos y la policromía italiana, el verde y morado desaparecen hasta el siglo XVII que se vuelve a utilizar en Teruel, Lleida, Mallorca etc, y pervive en diferentes sitios hasta las actuales producciones para los turistas.

#### MATERIALES ESTUDIADOS

Se han estudiado las producciones de alfares islámicos de Murcia, Balaguer, Denia, y alfares mudéjares de Paterna, así como producciones encontradas en excavaciones de distintas ciudades como Palma de Mallorca, Castelldefels y Cardona.

La metodología de estudio de las pastas consta del análisis químico por Fluorescencia de rayos X (FRX), análisis mineralógico mediante difracción de rayos X (DRX) y análisis petrológico mediante la observación de láminas delgadas con el microscopio óptico. El estudio de los vidriados (barnices y esmaltes) se ha realizado mediante la observación al microscopio óptico y microscopio electrónico de barrido de secciones pulidas transversales del vidriado, las cuales han sido analizadas con una microsonda de dispersión de longitudes de onda bajo las siguientes condiciones: 15Kv y 50nA. La cantidad de estaño se ha medido por FRX, obteniendo 0.2 g de polvo del vidrio con una pequeña muela de diamante y por el método de la perla. Se han hecho los patrones de SnO<sub>2</sub>, PbO y SiO<sub>2</sub> para la ocasión.

#### *Un alfar islámico de Murcia siglo X: el alfar de San Nicolás*

El alfar de San Nicolás forma parte de un barrio alfarero (Muñoz, 1993) y fue descubierto durante las excavaciones de un cementerio islámico en la calle San Nicolás de Murcia. Según Navarro Palazón (1990) se pueden distinguir dos etapas de funcionamiento del alfar: el alfar antiguo que habría funcionado durante el siglo X y tal vez finales del siglo IX; y el alfar moderno que habría funcionado hasta el siglo XI. En los niveles de alfar moderno se encuentran restos arquitectónicos del mismo, los cuales están profundamente afectados por los cimientos del cementerio islámico del siglo XI.

El material analizado se ha encontrado en las bolsas de cenizas que corresponden a los niveles de ocupación del alfar antiguo, en los que se han hallado numerosos fragmentos de cerámicas y útiles de alfar (atfiles, barras, clavos, etc.), así como trozos de arcilla cocidos sin forma y piezas defectuosas. En el alfar se producía todo tipo de piezas de uso doméstico y culinario: marmitas, jofainas y ataifores barnizados y esmaltados, candiles de pico y candiles de cazoleta, todo tipo de jarras y jarritas, etc.

Los resultados analíticos (**tabla 2**) indican que en el taller se empleaban dos tipos de pastas según la utilidad de la pieza: arcillas ricas en carbonatos cálcicos para la fabricación de vajillas y todo tipo de piezas de uso doméstico, y por otro lado arcillas con contenidos muy bajos en carbonatos y con abundante desgrasante para la fabricación de marmitas y ollas. Según Navarro Palazón (1986), las marmitas no iban destinadas al comercio sino que se fabricaban para la elaboración de las fritas. En cuanto a la cerámica destinada al comercio, se observan ciertas diferencias entre piezas de la misma tipología, lo que parece corroborar que hubieran existido diferentes etapas de funcionamiento del alfar como indican los restos arqueológicos (Navarro Palazón, 1990).

#### *Un alfar islámico de Balaguer siglo XI*

Balaguer fue una importante ciudad islámica hasta el año 1105, momento en que se abandonó de manera violenta y sus habitantes tuvieron que emigrar hacia otras ciudades. Durante un largo período la ciudad quedó desierta y no se volvió a ocupar nunca más la parte de la Medina islámica. En ella se han excavado diferentes restos de alfares islámicos dedicados a producciones locales (Giralt, 1983). Se han encontrado restos de hornos circulares y barras para la cocción de las piezas, así como numerosos fragmentos de ollas y cazuelas, lebrillos, morteros, platos, vasos, tinajas, jarras, etc., la mayoría de las cuales están sin barnizar y aparecen fragmentos de jarras y platos con barniz verde y barniz amarillento. Los análisis de las pastas (**tabla 2**) indican un esquema de producción similar al del alfar de San Nicolás: uso de pastas cálcicas para la vajilla de mesa y piezas diversas, y uso de pastas sin apenas carbonato cálcico para las ollas y cazuelas.

#### *Producciones locales de la Taifa de Mallorca siglo XI*

En excavaciones urbanas de Palma de Mallorca se han encontrado desechos de cocción en pozos ciegos, pero no se han hallado los restos de alfar (Rosselló-Bordoy, comunicación personal). De la producción local del siglo XI, se han analizado diversos fragmentos de cerámica esmaltada y cerámica sin barnizar. Por la escasez de los fragmentos no se pueden sacar conclusiones sobre el empleo de diversas pastas y arcillas en el alfar (**tabla 2**), pero son interesantes los resultados de los análisis de los vidriados que se presentan en la **tabla 3**.

#### *Un alfar islámico Denia siglo XIII: el alfar de la calle Teulada*

La evidencia arqueológica del núcleo urbano de la ciudad de Denia como centro de producción alfarera islámica ha sido estudiada por el Dr. Gisbert durante estos últimos años (Gisbert, 1992). Se han hallado restos de una escombrera de alfar en las calles Teulada y Verger con los típicos útiles de alfar (barras de horno, atifles, ganchos) y desechos de cocción, así como fragmentos de ataifores y jofainas con barniz de color melado decorado a trazos con

MnO. Son características también las piezas vidriadas y estampilladas. Se han datado en el siglo XI, cronología Taifa de Denia, pero continúan produciéndose durante la época almorávide-almohade con una notable diversificación y enriquecimiento de los motivos de las estampillas y la utilización de las mismas en el repertorio decorativo de cerámicas comunes con decoración en relieve (tinajas y alcadafes). El alfar de Denia quedó abandonado después de la conquista de Jaime I, sin que volvieran a utilizarse las instalaciones del mismo en etapas posteriores.

Los análisis de las pastas del alfar islámico de la C/. Teulada (tabla 2) indican el uso de tres tipos distintos de arcillas, algunas de las cuales son mezclas de dos tipos de arcillas como se observa en lámina delgada. Las ollas tienen una composición pobre en CaO, las tinajas y grandes contenedores tienen un contenido en CaO del 12% y la cerámica vidriada el contenido en CaO de las pastas es del 20%. También es diferente la textura de las pastas, siendo más depuradas las pastas para vajilla que la de los contenedores u ollas.

#### *Dos alfares mudéjares de Paterna siglo XIII y siglo XIV-XV*

En los últimos quince años se han realizado numerosas excavaciones en los alrededores y en el centro de la ciudad de Paterna que han revelado su gran importancia como centro productor de cerámica desde el siglo XIII hasta el siglo XVI, pero seguramente ya era un importante centro productor en el siglo XII (Mesquida, 1989).

En los exteriores de la ciudad se han encontrado los restos de alfares de los siglos XIV-XV, con sus hornos correspondientes (Amigues y Mesquida, 1987), que en su momento se denominaban «Ollerías Mayores» y que tenían una producción muy amplia de cerámica de cocina, vajilla y cerámica de uso doméstico. Las vajillas se fabricaban en dos calidades: una producción de lujo esmaltada y decorada en azul y una producción de menor categoría que iba barnizada con un vidriado melado (Mesquida, 1987). Se han encontrado piezas crudas dentro de unos hoyos llenos de arcilla al lado de los tornos que han permitido estudiar la composición original de las arcillas, así como unos hoyos llenos de margas y otros llenos de cal (Molera *et al.*, 1996).

Por debajo de los alfares de los siglos XIV-XV, se encuentran los restos de testares, hornos y estructuras de talleres del siglo XIII. Durante este siglo también se producía una gran cantidad de cerámica en diferentes calidades: la producción más lujosa corresponde a la loza azul y dorada, una producción de lujo pero de menor calidad era la cerámica decorada en verde y morado, y la cerámica de menor categoría era la vajilla barnizada con vidriado amarillento o verde (Amigues y Mesquida, 1993). Finalmente, también se han estudiado unos pocos fragmentos de cerámicas del siglo XII de alfares islámicos de Paterna.

Existe una interrupción clara entre el alfar del siglo XIII y el de los siglos XIV-XV, tanto en estructuras del taller (distribución espacial de los tornos, hornos, testares, etc.), como en la producción: en el siglo XIII se fabrican cerámicas decoradas en verde y manganeso mientras que en el siglo XIV se decoran

en azul: en el s.XIII la cerámica con reflejos tiene un tono dorado en tanto que en los siglos posteriores el reflejo toma colores más cobrizos: en el siglo XIII la cerámica común se barniza en tonos verdes y amarillos, cuando en los siglos XIV-XV el barniz es melado y finalmente, en el siglo XIII las ollas mayoritariamente presentan pastas grises o negras sin barnizar, en cambio en los alfares posteriores fabricaban ollas con barniz melado en el interior (Amigues y Mesquida, 1993).

Al igual que en los alfares anteriores, en Paterna se empleaban arcillas no cálcicas para las ollas y otro tipo de arcillas más cálcicas para el resto de las producciones. El análisis de las pastas cerámicas (tabla 2) revela que del siglo XIII al siglo XIV se empleó el mismo tipo de arcilla para las ollas y cazuelas, al que le añadían un 20% de arena de cuarzo y feldespatos como desgrasante (Molera *et al.*, 1994). También se empleó un mismo tipo de arcilla cálcica para la fabricación de cerámica sin barniz (tinajas, lebrillos, etc), que era la misma arcilla que usaban para la cerámica verde y morada. Empleaban una arcilla más cálcica (20% CaO) para fabricar la cerámica esmaltada decorada en azul con o sin reflejos metálicos, que a lo largo de los siglos XIV-XV fue incrementado el contenido en CaO. Donde existe una clara diferencia en el tipo de arcillas usadas es en la producción de cerámica común barnizada: en el siglo XIII usaban arcillas con bajo contenido en CaO (6%) mitad illíticas y mitad caoliníticas, con algo de materia orgánica y de textura similar a las pastas más cálcicas. En cambio en los siglos XIV-XV empleaban otro tipo de arcilla menos cálcica (5%), sin restos que indiquen la presencia de materia orgánica, con mayor contenido en Fe, con la que consiguieron cerámicas de pastas rojizas sobre las cuales el barniz transparente de plomo tomaba el típico color melado o rojizo más acorde con el gusto estético de la época (Molera *et al.*, 1997).

#### *Producciones del área catalana siglos XIV-XV*

En Barcelona no se han encontrado restos de alfares dentro de la ciudad, tal vez por la gran reurbanización de la ciudad antigua a lo largo de los siglos. Hay documentos que atestiguan la existencia de alfares, así como la toponimia de la calle «Escudellers». Por ello se han estudiado fragmentos de piezas encontradas en la excavación del Castillo de Castelldefels (López Mullor, 1997), ciudad próxima a Barcelona, y producciones atribuidas a la ciudad de Manresa, encontradas en el Castillo de Cardona (López Mullor *et al.*, 1997).

Por otro lado, se han estudiado también diversas producciones catalanas encontradas en la isla de Mallorca. Después de la conquista cristiana sólo una parte de los musulmanes se quedaron en la isla, y la producción artesanal andalusina sufrió un proceso de feudalización. Desde la conquista, en 1228, hasta 1280 la producción cerámica estuvo en manos cristianas, pero los operarios eran esclavos musulmanes de la conquista que no tenían suficiente potencial económico para liberarse pero que tenían un gran conocimiento de las técnicas (Rosselló Bordoy, 1987). Parece ser que los alfareros mallorquines se especializaron en obra común, como las jarras y tinajas, pero no en la cerámica esmaltada. En cambio, hubo un fuerte comercio de cerámica esmaltada proceden-

te de Valencia y Cataluña, que se exportaba hacia Francia e Italia, dando lugar a que este tipo de cerámica se denominara *maiolica*, haciendo referencia a su origen de la isla de Mallorca. En diversas excavaciones en Palma de Mallorca se han encontrado numerosos fragmentos de cerámica esmaltada de origen catalán, que han sido analizados y comparados con las cerámicas de Cardona y Castelldefels.

El resultado de los análisis (**tabla 2**) no indican un mismo origen de las cerámicas, pero sí permite obtener una visión de la tecnología cerámica de Cataluña durante los siglos XIV-XV. Las pastas cerámicas siguen siendo pastas ricas en carbonato cálcico, mientras que existen diferencias en la composición de los esmaltes respecto a los islámicos y mudéjares de Paterna, como se expone a continuación.

## BARNICES

Los barnices de plomo medievales son vidrios de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{PbO}$  con contenidos inferiores al 5% en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . El contenido en  $\text{SiO}_2$  varía entre el 35-30% y el contenido en  $\text{PbO}$  entre el 50-58%. Las diferencias composicionales no están entre estos dos elementos mayoritarios, sino en la cantidad de los elementos minoritarios como  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , cuyas concentraciones se ven afectadas por el procedimiento de cocción (simple o doble cocción y la temperatura-tiempo de cocción) así como por la composición de la pasta (**tabla 3**).

Para entender estas diferencias se han realizado una serie de experimentos y recreaciones de barnices en el laboratorio (Molera, 1996) que han permitido cuantificar ciertos procedimientos o técnicas en una serie de características de las cerámicas.

En primer lugar, se ha detectado un alto grado de reacción en la zona de contacto pasta vidrio durante la cocción. En esta zona de interfase hay una digestión de la pasta y fusión de la misma que conlleva un gradiente químico a lo largo del perfil transversal del barniz. Las recreaciones a diferentes temperaturas de cocción de un vidrio de composición 75-25% de  $\text{PbO-SiO}_2$ , y enfriado en tiempos diferentes (enfriamiento súbito a la máxima temperatura introduciendo la probeta en un recipiente lleno de agua y enfriamiento controlado con diferentes rampas, desde 8 horas hasta 2 días), han permitido observar el grado de difusión de elementos de la pasta hasta la superficie del vidriado. Los perfiles de difusión han sido ajustados mediante una ecuación exponencial (Kinyery, 1976) y el resultado es que para los grosores de un barniz normal (entre 100 y 200 micras) y con los tiempos de enfriamiento largos de los hornos de leña (por encima de las 8 horas), se llega a una homogeneización de la composición del vidrio y no se detecta la difusión, excepto en algunos casos de barnices de gran espesor.

En segundo lugar, en la zona de interfase se observa una fuerte reacción entre la pasta y el vidrio que aumenta en pasta cruda y es mucho menor en pasta previamente cocida. El grado de reacción barniz-pasta es mucho mayor



en monococción que en bicocción (**fig. 1-2**). El grado de reacción se puede estimar en función de la cantidad de fases cristalinas que hay en la zona de interfase. Interfases de espesores inferiores a las 5-10 micras indican un proceso de doble cocción, mientras que interfases de espesores de 30-40 micras son indicativas de una sola cocción (Molera 1996, Tite *et al.*, 1998). En las cerámicas con barnices de PbO, los cristales que se forman en la interfase son algún término de una hipotética solución sólida entre un feldespató de plomo y uno potásico (sanidina) —**fig. 1**— (Molera *et al.*, 1993; Raffaillac *et al.*, 1995).

La observación del grosor de la interfase en el microscopio óptico o electrónico permite reconocer los barnices aplicados a monococción y los aplicados a doble cocción. De este modo se ha comprobado que los barnices islámicos del siglo X de Murcia (San Nicolás) y los de Balaguer del siglo XI son todos aplicados en la segunda cocción, mientras que los barnices islámicos de Denia del siglo XIII se fabricaban a monococción. Las producciones mudéjares de Paterna también son realizadas en una sola cocción. Así pues, parece ser que la técnica evolucionó desde el siglo X hasta el siglo XIII hacia una simplificación del proceso, una sola cocción en vez de dos, con lo que obtenían un mayor rendimiento de la producción.

La cocción simple o monococción tiene una serie de ventajas más allá del rendimiento económico. En primer lugar hay una mayor difusión de elementos de la pasta en el barniz, y elementos como el  $\text{Al}_2\text{O}_3$  se incorporan en el barniz actuando de reguladores y estabilizantes muy beneficiosos en los vidrios de  $\text{SiO}_2$ -PbO. En monococción la cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  que difunde de la pasta hacia un vidrio 70%PbO-30% $\text{SiO}_2$  es del 5%, cantidad óptima para actuar de estabilizante, cantidades mayores actuarían como refractario o antifundente (Geller y Bunting, 1943). En las cerámicas a bicocción, la cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  no supera el 3.5% y en muchos casos es tan sólo del 1.5%. En segundo lugar, la monococción genera un mayor desarrollo de cristales en la interfase que ayuda a mejorar el agarre del barniz a la pasta. Finalmente, la cocción simultánea de arcilla y barniz puede dar lugar a barnices de color verde únicamente por la presencia de  $\text{Fe}^{2+}$ . Las piezas tienen que estar barnizadas completamente (interior y exterior de las piezas) con un barniz de plomo normal. La pasta cerámica tiene que tener Fe, un cierto contenido en materia orgánica y carbonato cálcico (> 5% en CaO). Bajo estas condiciones, bastante comunes en cerámica medieval, cuando se cuece la arcilla junto con el barniz se reduce la pasta (se vuelve gris) y difunde  $\text{Fe}^{2+}$  hacia el barniz coloreándolo de verde (Molera *et al.*, 1997). Cocinando a monococción, la descomposición de la materia orgánica y de los carbonatos produce suficiente  $\text{CO}_2$  para producir una reducción en el interior de la pasta. Los gases reductores no pueden escapar porque el barniz a 600 °C ya ha empezado a reblanecerse y ha sellado la porosidad de la pieza. En caso de utilizar la misma pasta, pero con barniz sólo en una cara de la pieza, el color obtenido es amarillento porque por la cara no barnizada se escapan los gases de descomposición sin llegar a provocar la reducción.

Durante el siglo XIII en Paterna se fabricaron numerosas piezas en amarillo y verde, generalmente recipientes contenedores de agua, vino, aceite u

otros líquidos iban barnizadas a doble cara y por lo tanto presentan barniz de color verde, mientras que las escudillas son de color amarillo porque sólo se barnizaban por el interior. En el siglo XIV hay un cambio radical en el color del barniz que se vuelve más rojizo, el famoso color miel o melado. Este cambio de color que seguramente se debió a cambios de gustos estéticos, se obtuvo únicamente cambiando el tipo de pasta, más rica en Fe y menos rica en materia orgánica y carbonatos. Con esta pasta más ferruginosa y con los mismos materiales para el barniz obtuvieron un cambio de color tan marcado entre siglos (Molera *et al.*, 1997).

En cambio los barnices de las vajillas de San Nicolás siempre son de color amarillento y están aplicados a doble cara, pero como ya se ha expuesto anteriormente, están realizados a doble cocción. En este caso, la descomposición de los carbonatos y materia orgánica ya ha tenido lugar antes de la cocción del barniz y no se produce la reducción local de la pasta, por lo tanto no se difunde  $Fe^{2+}$  al barniz.

## ESMALTES

La opacidad de los esmaltes es debida a la reflexión, refracción y sobre todo dispersión de la luz en las diminutas partículas que actúan de opacificante. Las partículas opacificantes pueden ser de distinta naturaleza (Fernández Navarro, 1985):

1. Emulsión de gotas segregadas por inmiscibilidad líquida,
2. burbujas microscópicas formadas por la oclusión de gases desprendidos en el vidrio fundido,
3. partículas cristalinas de génesis diversa (que se formen durante la fusión o bien que permanezcan insolubles durante la cocción).

Los esmaltes medievales estudiados están opacificados por la existencia de pequeños cristales de casiterita ( $SnO_2$ ) crecidos dentro del vidrio. El grado de opacidad depende de:

1. El recorrido de la luz y el número de veces que la luz es reflejada en el interior del vidrio. La opacidad aumenta con el número de reflexiones, o sea que es proporcional al número de cristales de casiterita por unidad de volumen.

2. El tamaño de los cristales debe de estar relacionado con las longitudes de onda del espectro visible. La máxima opacidad la consiguen partículas de diámetro entre 50 y 500 nm. Cuando las partículas son de tamaños inferiores a 300 nm favorecen la dispersión de la luz, porque son más pequeñas que las longitudes de onda de la luz visible. La intensidad dispersada está controlada por la ecuación de Rayleigh (Eppler, 1971) por lo que los esmaltes se ven de color azul. Este fenómeno, corriente en esmaltes modernos, no ocurre en los esmaltes de  $PbO$ , ya que éste absorbe la emisión en el azul, y por lo tanto los esmaltes se ven blancos.

3. El contacto nítido entre partículas y matriz favorece también la opacidad, mientras que si hay disolución en los contactos disminuye la efectividad. Por eso los cristales crecidos dentro del vidrio son las partículas que dan mayor opacidad, como es el caso de los cristales de casiterita.

4. Otro factor muy importante para la opacidad es la diferencia de índice de refracción entre la matriz vítrea y las fases opacificantes. En la ecuación de Fresnel se puede observar que la reflexión aumenta con la diferencia de índices de refracción entre materiales. En el caso de los esmaltes de plomo ( $n=1.60$ ) la diferencia entre índices respecto a la casiterita ( $n=2.1$ ) es lo suficientemente grande como para ser un buen opacificador.

El tamaño y distribución de los cristales de casiterita parecen estar muy relacionados con la técnica de fabricación del esmalte y su composición. A partir de la observación de secciones transversales de los esmaltes en el microscopio electrónico de barrido, se ha podido medir su tamaño y comprobar el grado de homogeneización a través de análisis de imagen. Los esmaltes islámicos de Murcia (siglo X) tienen una cantidad notable en estaño, alrededor del 10% de  $\text{SnO}_2$ , los cristales de casiterita se encuentran uniformemente distribuidos por el vidrio y son de tamaños pequeños, del orden de 200-700 nm. Este tipo de microestructura de los esmaltes con pequeños cristales y una distribución uniforme también se encuentra en esmaltes islámicos de Mallorca y en alfares islámicos del siglo XIII de Denia. Además, estos esmaltes se caracterizan por tener una concentración de  $\text{PbO}$  más alta que los esmaltes mudéjares como se puede observar en la **fig. 3** y en la **tabla 4**. Los esmaltes nazariños decorados con reflejos metálicos ya presentan algunas diferencias respecto a los islámicos predecesores, por un lado, el tamaño de los cristales es ligeramente superior, y, por otro lado, se encuentran distribuidos heterogéneamente. Por lo que respecta a los esmaltes mudéjares del siglo XIII de la zona valenciana, los cristales se encuentran homogéneamente distribuidos pero en cambio, su tamaño es mayor que en los islámicos. A partir del siglo XIV, en la misma área, se observa como la distribución de los cristales es más irregular y heterogénea. Las producciones catalanas de los siglos XIV-XV presentan cristales de tamaños entre 600-1200 nm, mal distribuidos en el vidrio como los de Paterna de la misma época.

La distribución homogénea o heterogénea de los cristales de casiterita parece estar íntimamente relacionada con el uso de las fritas. Usando los materiales fritados se aseguraban una distribución uniforme de los cristales de casiterita, pero si no se fritan los materiales la distribución de la casiterita resulta mucho menos homogénea. Se han encontrado restos de fritas de esmaltes en los alfares islámicos de San Nicolás, Denia y el alfar mudéjar de Paterna del siglo XIII, mientras que en alfares posteriores no se han hallado restos de ellas. Ello concuerda con una distribución uniforme de los cristales de los esmaltes islámicos y mudéjares hasta el siglo XIII y distribuciones heterogéneas en los esmaltes posteriores. Aún así, la opacidad final de los esmaltes no se ve tan afectada por la distribución de los cristales como por el grosor y la cantidad de estaño de los mismos, y tal vez por ello los alfareros simplificaron una

vez más el proceso cerámico dejando de fritar los componentes de los esmaltes entre el siglo XIII y el siglo XIV.

En cuanto a las diferencias de tamaño, éstas están relacionadas con las temperaturas de cocción y la composición de los esmaltes. Las cerámicas islámicas primitivas están cocidas a menor temperatura o durante menor tiempo que las producciones mudéjares e islámicas del siglo XIV. A lo largo de los siglos se observa una mejora en la estructura de los hornos y son de mayores dimensiones, por lo tanto, cada vez cocían a mayor temperatura y durante más tiempo, aunque sólo sea por considerar la inercia térmica del horno. Al mismo tiempo se observa un cambio en la composición de los esmaltes cada vez con menor cantidad de PbO (fig. 3).

La mayoría de los esmaltes ricos en PbO (> 57% PbO) se encuentran muy alterados y su aspecto recuerda más un engobe blanco que un material vitrificado, por lo que durante mucho tiempo se ha creído que se trataba realmente de engobes blancos encima de los cuales se decoraba y luego se le daba un baño de barniz transparente. Aunque esta técnica parece haber sido utilizada anteriormente y contemporáneamente en el norte de África, en el momento en que llegan los árabes a la península, la mayoría de cubiertas opacas son esmaltes de estaño. Éste es el caso de los esmaltes del s. X de Murcia (alfar de San Nicolás) que presentan casi todos un aspecto típico de un engobe, pero en realidad son esmaltes muy alterados y semi-desvitrificados.

Finalmente, por lo que respecta a doble o simple cocción, la mayoría de los esmaltes se aplicaban a doble cocción por diferentes motivos. En primer lugar, para ahorrar estaño que era un producto relativamente escaso y caro según los documentos de la época. En segundo lugar, y relacionado directamente con el primero, para no tener que añadir tanto estaño al vidriado utilizaban pastas de colores amarillentos o blanquecinas que fueran más fáciles de opacificar que pastas muy rojizas. Para obtener pastas de tonos claros podían utilizar arcillas caoliníficas libres de óxidos e hidróxidos de Fe, o bien decolorar arcillas ferruginosas con adición de margas, o el empleo directo de arcillas muy cálcicas. Las pastas cálcicas favorecen la formación de los aluminosilicatos del tipo melilita o piroxenos que incorporan Fe y Ca en su estructura, dejando menos Fe libre para formar hematites, que colorea de rojo la cerámica. Además, el uso de pastas cálcicas facilita la adhesión del esmalte, ya que tienen un coeficiente de dilatación similar al del vidriado (Tite *et al.*, 1998).

En el caso de utilizar pastas cálcicas, la monococción de piezas esmaltadas llega a producir una fuerte reacción e interacción entre la pasta y el vidrio debido a la descomposición de los carbonatos a temperaturas similares a la de fusión de los vidriados. El CO<sub>2</sub> que se forma en el interior de la pasta es capaz de reducir el Fe<sup>3+</sup> a Fe<sup>2+</sup>, tal como pasaba en la cerámica barnizada, pero en este caso la difusión de Fe de la pasta hacia el esmalte altera el color blanco del esmalte hacia colores no deseados (ahumados, grises o negros). Por eso es muy importante que no interfiera el color de la pasta subyacente ni que difundan elementos como el Fe hacia el esmalte. Para ello es imprescindible cocer primero la pasta y luego el esmalte; el uso de pastas cálcicas «obliga» a la

bicocción. Una prueba de ello es el pequeño espesor de la interfase que presentan los esmaltes (5-10 micras), como se puede observar en la fig. 2.

Sin embargo, en algunas producciones de Paterna de menor calidad, como son las vajillas decoradas en verde y morado, hay evidencias arqueométricas que parece tratarse de aplicaciones a monococción. Pero en este caso las pastas tienen un contenido en CaO moderado (10%) y sólo tienen esmaltada la cara interior de las escudillas. Son pastas rojizas y el esmalte queda de un color rosado. Dentro del mismo alfar se fabricaban vajillas de mejor calidad decoradas en azul, con pastas de tonos amarillentos y de composiciones mucho más cálcicas. Esta loza azul lleva esmalte por las dos caras y el espesor del esmalte es superior a los esmaltes decorados en verde y morado. La interfase es delgada, lo que contribuye junto con otras evidencias arqueométricas, a revelar la doble cocción de las piezas.

## FRITAS

Las fritas son una parte de la receta del esmalte que previamente se ha fundido y triturado. Se han usado fritas desde muy antiguo para la obtención del vidrio, los vidriados y también en las pastas de piedra (*stonepastes*) (Mason y Tite, 1994). El uso de las fritas tiene una serie de ventajas en función de su composición (Hammer y Hammer, 1986) que se pueden resumir en:

1. La insolubilización de ciertos minerales solubles en agua (boratos y cloruros) que tienden a cristalizar en la superficie de las piezas y que además alteran la fluidez de la suspensión en el momento de aplicar el barniz o esmalte.

2. La incorporación de ciertos materiales calcinados como las arcillas reduce problemas de retracción del esmalte.

3. Calcinación previa de los carbonatos, sulfuros, etc., para que su descomposición no interfiera con la maduración del vidriado. Si se descomponen al mismo tiempo, se produce un gran número de burbujas, reducciones, volatilizaciones, etc., no deseables en el resultado final.

4. Combinar ciertos materiales para reducir su grado de volatilización.

5. El uso de las fritas ayuda a un mejor control de la temperatura de fusión y maduración de los vidriados. A la vez que permite obtener los barnices y esmaltes en menor tiempo que si se cocieran con las materias originales sin calcinar ni fritar.

El origen de las fritas es sincrónico al de los vidrios, ya que desde el principio ciertos materiales se fundían y luego se trituraban y mezclaban con más componentes para hacer el vidrio alcalino. Ha sido de gran ayuda los hallazgos de libros antiguos que dan recetas de la fabricación de las fritas y vidrios, y que por su contemporaneidad con la cerámica se ha llegado a comprender el uso de fritas para los vidriados.

Un interesante documento medieval es el famoso tratado de Abū'l-Qāsim escrito en Bagdad hacia 1300 (Allan, 1973). En el apartado de cerámica se describen todas las materias primas, ingredientes y todo tipo de materiales y

requisitos en la elaboración de la cerámica y los vidriados. Para la fabricación de fritas para barnices con plomo mezclaban 2 ó 3 partes de «plomo blanco» (galena) de buena calidad con una parte o mejor media parte de estaño. Primero ponían a cocer o tostar el plomo y luego añadían el estaño. La mezcla se cocía en un horno especial conocido como *bariz* hasta que la superficie de la mezcla fuese como arenilla (el *siring*) que se iba retirando del fuego con una larga cuchara. El proceso de calcinación del estaño y el plomo duraban medio día. A parte también se tostaba un parte de calcita y una parte de sosa, y una vez enfriadas dentro del horno se mezclaban 2 ó 3 partes de ella con una parte del *siring*. La nueva mezcla se cocía en un horno de hacer fritas durante 12 horas mezclándolo constantemente hasta la obtención de una mezcla uniforme. La mezcla fundida se retiraba del horno y se tiraba dentro de un cubo de agua para que se enfriase rápidamente. El autor describe que en el momento de tirar la frita fundida en el agua se producía un gran ruido como relámpagos. Luego se trituraba, molturaba y tamizaba, dejándolo listo para su posterior aplicación.

El tratado veneciano de Cipriano Piccolpasso escrito a mediados del siglo XVI (Piccolpasso, 1980) también describe cómo se obtenían las fritas a base de una mezcla de plomo y estaño al que le añadían una parte de *marzacotto* (mezcla de arena, cenizas de sarmientos y sal común).

Éste sería el proceso de fabricación de fritas mixtas, mitad alcalinas y mitad plúmbicas. Un proceso muy similar de preparación de fritas, esta vez de PbO, se describe en el libro de Valls (1894), donde se explica que antiguamente en Valencia se oxidaba el Pb puro y la galena en hornos de reverbero llamados *armelés* (que en árabe significa arena) durante 6 horas y removiendo constantemente hasta obtener un material arenoso llamado *acercó*. Este material se mezclaba posteriormente con arena de cuarzo y sal común y se colocaba en la parte posterior del horno de cerámica (en el *sagén*) encima de una gruesa capa de cenizas para que no se pegara en el fondo. Una vez cocido en una cocción habitual de cerámica, se sacaba el material completamente vitrificado que se rompía a martillazos y se molturaba en molinos. Según este autor, en el siglo XII se empezó a añadir estaño en la calcinación de la galena. Las proporciones para las fritas de estaño son: 60 partes de plomo, 10 partes de arena y 1.5 ó 2 partes de estaño.

González Martí (1952) explica un proceso muy similar para la elaboración de las fritas valencianas: primero se fundía el plomo en el horno de quemar y cuando estaba fundido añadían el estaño sin dejar de remover la mezcla con una paleta. Una vez enfriado se añadía sal y arena. Colocaban la mezcla en el *sagen* del horno y se cocía durante una cocción de cerámica habitual.

O sea que en los distintos tratados se puede ver que en el proceso de frito hay dos etapas diferenciadas:

1. La primera es la oxidación del plomo con o sin estaño para obtener los óxidos correspondientes. No queda claro si la materia prima es de Pb metal, galena o ambos indistintamente.

2. la segunda etapa era la fusión de la mezcla de plomo calcinado con arena de cuarzo y otros aditivos como la sal, las cenizas, etc.

Una vez fundida la frita se trituraba y se utilizaba con algún material que mejorara la suspensión (podía ser alguna arcilla blanca, o bien materiales orgánicos como colas arábicas, que aún actualmente se usan en la preparación de vidriados).

Se han hallado restos de fritas en los alfares de Murcia (San Nicolás siglo X), en el alfar islámico de Denia siglo XIII y en el alfar mudéjar de Paterna del siglo XIII (tabla 5). En el alfar de San Nicolás se han encontrado restos de fritas muy distintos: por un lado, aparecen 12 orcitas con una mezcla de arena de cuarzo y galena a medio fundir y, por otro lado, marmitas con abundantes goterones superpuestos de barnices verdes y amarillentos. La composición de las fritas (tanto el material a medio cocer dentro de las orcitas como la de los goterones) corresponde a la de los barnices de las piezas del alfar (Molera, 1996). La presencia de goterones indica que en el proceso de fritado llegaban a la completa fusión del barniz, para luego triturarlo y aplicarlo encima de las piezas. En cuanto a las doce orcitas llenas de material a medio fundir, es más difícil entender su significado, por cuanto el material no fue calentado dentro de las orcitas, ya que no hay restos de reacción en la pared. Podría ser que hubiesen almacenado el material a medio fritar dentro de orzas (las típicas vasijas de almacenar alimentos), porque tuviesen algún problema en el proceso completo de fritado o por algún otro motivo desconocido. De momento y hasta que no se hayan estudiado con detalle otros alfares de Murcia, no se puede dar una explicación definitiva sobre cómo preparaban las fritas ya que, por otra parte, tampoco se han hallado restos de fritas con estaño, aunque posiblemente las hubiera.

En Paterna se han encontrado ollas que por su cara interior presentan una gruesa capa de arena de cuarzo con algo de arcilla y por encima restos de la frita fundida con evidencias claras de que la frita se vertió dejando goterones en las paredes exteriores de las ollas. La composición de los goterones (tabla 5) coincide con la composición de los esmaltes producidos en el alfar (Molera, 1996). La capa de arena del interior de las ollas corresponde a una capa protectora o antifundente con la que recubrían el interior de las ollas para que no se estropearan en un solo uso. Los sucesivos goterones denotan la reutilización de las ollas. No se ha encontrado ningún resto de fritas para barnices en la extensa excavación de testares y alfares de los siglos XIII-XV, por lo que se puede asegurar que no empleaban fritas para éstos. Los barnices se aplicaban sobre la pieza cruda con una mezcla también en crudo de *alcofol* (galena) y arena de cuarzo. En el alfar de los siglos XIV-XV tampoco se han encontrado restos de fritas con estaño para los esmaltes. Esto plantea la duda sobre su existencia, aunque es posible que en futuras excavaciones de los testares aparezcan los restos, pero de momento sólo aparecen fritas en el siglo XIII y no en alfares posteriores (siglos XIV-XVI).

En el alfar islámico de Denia se han encontrado restos de fritas similares a los de Paterna; ollas con goterones en la parte externa y una capa de arenilla en la parte interna. Los análisis de los goterones ponen de manifiesto que se trata de fritas de esmaltes con estaño. Tampoco se encuentran fritas para los

barnices y, por lo tanto, la técnica islámica en el siglo XIII es la misma que en el mundo mudéjar en Paterna.

## CONCLUSIONES

Del estudio que se ha presentado se deducen una serie de tendencias en el comportamiento general de los talleres islámicos y mudéjares y que, de algún modo, reflejan la evolución de la tecnología de producción de la cerámica entre los siglos X y XVI a lo largo de la costa mediterránea de la Península Ibérica.

A modo de conclusiones, los siguientes puntos representan los trazos generales que se derivan de los resultados analíticos presentados para cada taller o zona de producción:

— Todos los talleres estudiados producían diversos tipos de pastas cerámicas, en función del uso final de la pieza. Todas las producciones de ollas son pastas no cálcicas con abundante desgrasante de naturaleza variada, todos los contenedores son pastas cálcicas (CaO entre el 5 y el 10%), y todas las cerámicas destinadas a soportar esmaltes blancos son muy cálcicas (CaO sobre el 15% o más), dependiendo de la calidad del producto final. El quimismo de cada tipo de pasta es distinto y, por lo tanto, se han establecido los grupos de referencia para: el alfar de San Nicolás de Murcia, el alfar islámico de Balaguer, el alfar de la C/. Teulada de Denia, las «Olleries Majors» de Paterna y producciones del área catalana. No es posible establecer un único grupo de referencia para cada taller, sino que hay que considerar diversos grupos para cada centro de producción. Y consecuentemente, no es posible comparar tipos cerámicos distintos para atribuciones de origen.

— Desde el punto de vista de preparación y manipulado de las pastas, se han determinado mezclas de materias primas en algunos talleres (Denia —a través de observaciones de láminas delgadas— y Paterna —se han encontrado los materiales en el taller durante las excavaciones—). El conformado inicial está hecho sistemáticamente a torno, con las modificaciones evidentes para formar los picos de vertido, asas, etc. La cocción se ha hecho siempre en hornos de doble cámara, de mayor o menor tamaño dependiendo de los distintos talleres, y las temperaturas alcanzadas hay que situarlas ligeramente entre 950 °C y 1000 °C.

— Los vidriados (tanto barnices como esmaltes) son en todos los casos de SiO<sub>2</sub>-PbO, con una relación cercana al punto eutéctico del digrama de fases SiO<sub>2</sub>-PbO, con una tendencia a disminuir la cantidad de plomo en los esmaltes más modernos respecto de los primitivos islámicos del siglo X. El uso de vidriados de plomo parece coherente con el hecho de que la Península Ibérica es una zona de producción de galena desde la antigüedad. La incorporación de otros elementos a la composición del vidriado debía hacerse, en parte por la contaminación natural de las arenas de cuarzo, y en parte por difusión de elementos de la pasta hacia el vidrio durante la cocción, aunque no se descarta



que añadieran una parte de arcilla en la receta para obtener mayor suspensión del barniz.

— Los barnices (vidriados transparentes de  $\text{SiO}_2\text{-PbO}$ ) presentan colores que oscilan desde el amarillo al marrón, pasando por los típicos melados, y verde. Los colores son en parte el color propio del vidrio, en parte el color de la pasta observada a través de la capa de vidriado. Por lo tanto, en el color apreciado influye el color de la pasta (y su composición, obviamente) y el del propio vidriado.

En los talleres islámicos (Murcia, Balaguer, Mallorca y Denia) los barnices amarillos contienen Fe, probablemente difundido desde la pasta, mientras que los verdes están coloreados con Cu. Algunos trazos marrones de esta época se consiguen mediante MnO. La cocción suele ser doble, de modo que el barniz se aplica sobre la pieza previamente bizcochada. Parece que en el taller de San Nicolás (siglo X) las materias primas de los barnices eran previamente fritadas.

En cambio, en los talleres mudéjares de Paterna el colorante es siempre Fe ( $\text{Fe}^{+3}$  para los tonos amarillos a marrones, y  $\text{Fe}^{+2}$  para los verdes). La obtención de los distintos tonos ocre (amarillos-marrones) se consigue utilizando distintos tipos de pastas, mientras que los tonos verdes se alcanzan utilizando la misma pasta cerámica que para los amarillos, pero aplicando el barniz por ambas caras de la pieza. Las cocciones siempre son únicas, de manera que el barniz se aplicaba sobre la pieza cruda. No hay evidencia alguna de que los materiales fueran fritos *a priori* y, posiblemente, la aplicación podía haberse hecho directamente con galena y arena de cuarzo.

— Los esmaltes son, en todos los casos estudiados, vidriados de  $\text{SiO}_2\text{-PbO}$  con  $\text{SnO}_2$  como opacificante. La relación Si/Pb tiende a descender en los talleres más modernos, como se ha discutido en un anterior apartado, mientras que las cantidades de Sn de todos los talleres y zonas de producción estudiados oscila entre el 5 y el 10% de  $\text{SnO}_2$ . Las diferencias entre talleres o zonas radica en el tamaño y distribución de los cristales opacificadores. En las producciones islámicas más antiguas (Murcia y Mallorca), los cristales tienen tamaños por debajo de los 500nm y una distribución muy uniforme, mientras que en producciones más modernas (Denia, Paterna y la zona catalana) los cristales son ligeramente mayores (entre 300 y 1000nm) y distribuidos heterogéneamente, como formando grupos.

La aplicación de los esmaltes es casi siempre sobre piezas bizcochadas, como lo indican las evidencias arqueológicas en algunos casos, y el desarrollo de un interfase delgada (aproximadamente 5 micras) entre esmalte y pasta, en todos los casos. Sin embargo, en algunas piezas mudéjares modernas (siglo XV) de Paterna y la zona catalana, aparecen interfases gruesas, lo cual sugiere una posible aplicación y monococción, aunque este término no quede asegurado en el presente estado de la investigación.

Las pastas sobre las que se aplican los esmaltes son siempre pastas cálcicas (contenidos en CaO entre el 10 y el 20%), lo cual mejora la similaridad entre las retracciones de pastas y vidriados y, además, evita el desarrollo de

colores muy rojizos en las pastas que obligarían al uso de mucho Sn o vidriados muy gruesos. La mayor o menor calidad de las producciones en función de su distribución se pone de manifiesto en las pastas, el espesor de los vidriados y la cantidad de SnO<sub>2</sub>, de modo que algunas producciones valencianas tienen un tono rosado debido a que el color rojizo de la pasta se hace aparente a través del esmalte.

De modo genérico, se observa una tendencia desde los talleres islámicos más antiguos hasta los mudéjares hacia una cierta industrialización de los procesos de producción. Se tiende a eliminar etapas de producción innecesarias y a simplificar la producción al máximo. En este sentido es de notar el uso de fritas para barnices en Murcia (siglo X) y su aplicación en piezas previamente cocidas, técnica que se pierde en talleres posteriores, o la coloración con Cu en los barnices verdes islámicos (Murcia siglo X y Denia siglo XIII), mientras que en los talleres de Paterna las diversas coloraciones se obtienen sin añadir colorante alguno aprovechando la difusión de cationes de la pasta.

Sin embargo, el conjunto de técnicas cerámicas (selección de pastas en base a la funcionalidad de las piezas, barnices y esmaltes de SiO<sub>2</sub>-PbO, opacificación con SnO<sub>2</sub>, etc.) tiene una clara tradición islámica, lo cual sugiere que existe una evidente continuidad en la tradición cerámica (avalada además en la documentación relativa a la conquista de Jaume I). Tanto es así, que el taller mudéjar del siglo XIII de Paterna es mucho más similar al taller islámico de Denia (siglo XIII), que éste con respecto al alfar San Nicolás (siglo X) ambos islámicos. En cambio, las producciones esmaltadas mallorquinas del siglo XI tienen unas características cercanas al taller de Murcia (siglo X) por lo que se refiere a distribución y tamaño de los cristales de estaño.

Es decir, de modo general, se puede afirmar que las técnicas de producción cerámica de tradición islámica perduran en el mundo mudéjar tras la conquista de Jaume I (exceptuando casos como Denia o Balaguer que dejan de producir tras la conquista porque la ciudad es arrasada). Sin embargo, esta continuidad de la tradición no es óbice para que tenga lugar un cierto proceso de industrialización que tiende a simplificar las etapas productivas, eliminando fases supérfluas que no mejoran la calidad final de producto y en cambio entorpecen la producción. De alguna manera estamos ante una cierta etapa preindustrial de producción de productos de calidades (y precios) variados destinados a abastecer un mercado local al mismo tiempo que otro lejano (exportación), tratando de minimizar los costes de fabricación en base a optimizar la secuencia productiva.

## BIBLIOGRAFÍA

ALLAN, J. W.

(1973) Abū'l-Qāsim's Treatise on Ceramics. *Iran* IX. pp. 111-120.

AMIGUES, F. y MESQUIDA, M.

(1987) *Un horno medieval de cerámica. El Testar del Molí, Paterna (València)*. Publicaciones de la Casa de Velázquez. Madrid.

AMIGUES, F. y MESQUIDA, M.

(1993) *Les ateliers et la ceramique de Paterna (XIIIe-XIVe siècle)*. Ed. Musée Saint-Jacques. 72 pp. Ville de Béziers.

AURA CASTRO, E.

(1996) Tesis Doctoral.

BEALS, M. D., BLAIR, L. R., FORAKER, R. W. y LASKO, W. R.

(1951) Study of particle size of the opacifying phase in Titania Enamels: I, Change of Particle Size with Change of Concentration of Dissolved TiO<sub>2</sub>. *Journal of the American Ceramic Society* 34 [10] 291-297.

CAIGER SMITH, A.

(1985) *Lustre Pottery. Technique, tradition and innovation in Islam and the Western World*. Faber and Faber. London.

CAIGER SMITH, A.

(1973) *Tin-Glaze Pottery in Europe and the Islamic World. The tradition of 1000 years in Maiolica, Faience & Delftware. Technique, tradition and innovation in Islam and the Western World*. Faber and Faber. London.

COOPER, E.

(1988) *A History of world pottery*. B.T Batsford Ltd. 224 pp. London.

EPPLER, R. A.

(1971a) Use of scattering theory to interpret optical data for enamels. *Journ. Amer. Ceram. Soc.*, 54 [2], pp. 116-120.

ESCUADERO ARANDA, F.

(1990) La cerámica decorada en «verde y manganeso» de madinat al-Zahra. *Cuadernos de Madinat al-Zahra*. Vol. 2, pp. 127-161. Universidad de Córdoba.

FERNÁNDEZ NAVARRO, J. M.

(1985) *El vidrio: constitución, fabricación y propiedades*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto de Cerámica y Vidrio, Madrid.

GELLER R. F. y BUNTING E. N.

(1943) Report on the systems lead oxide-alumina and lead oxide-alumina-silica. *J. Res. NBS*. 31, pp. 255-270. (RP1564).

GIRALT, J.

(1983) *Balaguer i el món islàmic*. Museu Comarcal de la Noguera. Publ. del Dept. Cultura de la Generalitat de Catalunya. 10 pp.

GISBERT, J., BRUGUERA, V. y BOLUFER, J.

(1992) *La cerámica de Daniya —Dénia—. Alfares y ajuares domésticos de los siglos XII-XIII*. Museo Nacional de Cerámica y de las Artes Santuarias «González Martí». Ed. Ministerio de Cultura. 195 pp.

GONZÁLEZ MARTÍ, M.

(1952) *Cerámica del Levante español, I, II y III*. Ed. Labor. Barcelona.

HAMMER, F. y HAMMER, J.

(1986) *The Potter's Dictionary of Materials and Techniques*. Ed A&C Black. London.

KINGERY, W. D. y VANDIVER, P. B.

(1986) *Ceramic Materpieces, Art, Structure and Technology*. John Wiley and sons Ed. New York.

KINGERY, W. D., BOWEN, H. K. y UHLMAN, D.R.

(1976) *Introductions to ceramics*. 2nd Edition. *Wiley Series on the Science and Technology of Materials*. Burke, Chalmers & Krumhansi Ed. pp. 363.

KLEINMANN, B.

(1986) *History and Development early Islamic pottery glazes*. *Archeometry'86: Proceedings of the 24th International Archaeometry Symposium*. Ed. Oline, J. & Blackman, J. Smithsonian Institution Press, pp. 73-84.

LÓPEZ MULLOR, A.

(1997) *Estudi arqueològic del conjunt del Castell de Castelldefels (Barcelona). La ceràmica medieval Catalana. El Monument, document. Quaderns científics i Tècnics*, 9, pp. 325-350.

LÓPEZ MULLOR, A., CAIXAL, A. y FIERRO-MACÍA, X.

(1997) *Cronologia i Difusió d'un grup de ceràmiques medievals trobades a les comarques de Barcelona (s. VII-XIV). La ceràmica medieval Catalana. El Monument, document. Quaderns científics i Tècnics*, 9, pp. 101-142.

MASON, R. B.

(1994) *Islamic Glazed Pottery: 700-1250*. Tesis Doctoral. Universitat d'Oxford.

MASON, R. B. y TITE, M. S.

(1994) *The beginnings of Islamic Stonepaste Technology*. *Archeometry* 36, [1], 77-91.

MASON, R. B. y TITE, M. S.

(1997) *Early opaque glazes and the beginnings of tin-opacification*. *Archeometry*. 39, 41-58.

MESQUIDA, M.

(1987) *Una terrisseria dels s. XIII i XIV*. Publicacions del Ajuntament de Paterna. pp. 30. Paterna.

(1989) *La ceràmica de Paterna al s. XIII*. Publicacions de l'Ajuntament de Paterna. pp. 28.

MOLERA, J., PRADELL, T., MARTÍNEZ-MANENT, S. y VENDRELL-SAZ, M.

(1993) *The growth of sanidine crystals in the lead glazes of Hispano-Moresque pottery*. *Applied Clay Science*, 7, pp. 483-491.

MOLERA, J., GARCÍA-VALLÈS, M., PRADELL, T. y VENDRELL, M.

(1996) *Hispano-moresque pottery productions of the fourteenth-century workshop of the Testar del Molí (Paterna, Spain)*. *Archeometry*, 38 [1], pp. 67-80.

MOLERA, J.

(1996) *Evolució mineralògica i interacció de les pastes càlciques amb els vidrats de plom: implicacions arqueomètriques*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.

MOLERA, J., VENDRELL, M., GARCÍA-VALLES, M. y PRADELL, T.

(1997) *Technology and colour development of Hispano-Moresque lead-glazed pottery*. *ARCHAEOLOGY*, 39, 23-39.

MUÑOZ LÓPEZ, F.

(1993) Nuevos datos sobre urbanismo y alfarería medieval en Murcia. *Verdolay* n. 4. Museo de Murcia. pp. 175-184.

NAVARRO PALAZÓN, J.

(1986) La cerámica islámica en Murcia. *Catálogo*. Murcia. 335 pp.

(1990) Los materiales islámicos del alfar antiguo de San Nicolás de Murcia. *Fours de potiers et «testares» médiévaux dans le Méditerranée occidentale*. Casa de Velázquez, série archéologie XIII. Madrid. pp 29-43.

PÉREZ-ARANTEGUI, J., URUÑUELA, M.I. y CASTILLO, J.

(1995) Roman Lead Glazed Ceramics: classification of the pottery found in the Tarraconensis (Spain), 1st-2nd century A.D. *Fourth euro ceramics*, Vol 14, pp. 209-218.

PÉREZ-ARANTEGUI, J., SOTO, M. CASTILLO, J. y LAPUENTE, P.

(1996) Decoration Techniques in glazed ceramics from the Islamic western world: study of the «cuerda seca» decoration in Al-Andalus (Spain) by scanning electron microscopy. *Collected Abstracts of International Symposium on Archaeometry*. Urbana-Champaign, Illinois. pp. 84

PICCOLPASSO, C.

(1980) *The three books of the Potter's*. Editor y Traductor: Lightbown y Caigner Smith. Londres.

RAFFAILLAC-DESFOSSÉ, C., MOLERA, J., VENDRELL-SAZ, M. y SCHVOERER, M.

(1995) Détection et caractérisation des cristaux de dévitrification dans les glaçures médiévales. *L'Archéométrie dans les pays européens de langue latine*. Colloque d'Archéométrie, Périgueux 1995. pp. 139.

ROSSELLÓ BORDOY, G.

(1987) Algunas observaciones sobre la decoración cerámica en verde y manganeso. *Cuadernos de Madinat al-Zahra*, 1, pp. 125-137.

TITE, M. S.

(1987) Characterisation of early vitreous materials. *Archaeometry* [1] 29, pp. 21-34.

TITE, M. S., FREESTONE, I., VENDRELL-SAZ, M., MOLERA, J. NOODE, K. y MASON, R.

(1998) Why lead glazes?, *Archaeometry*, 40, 241-260.

VALLS DAVID, R.

(1894) *La cerámica, apuntes para la historia y su fabricación*. Imprenta de Juan Guix. Tomo II. Valencia.

Tabla 2. Composición y desviación estándar de las cerámicas de cada alfar. Grupo A: olla y marmitas, Grupo B: vajilla barnizada o esmaltada. Grupo B1: tinajas y contenedores, Grupo B2: vajilla esmaltada, Grupo B3 y Grupo C: cerámica común barnizada.

Procedencia	s. X	cerámica islámica	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Murcia	GRUPO A	56.45 (2.16)	15.43 (1.09)	0.36 (0.04)	3.98 (0.28)	1.37 (0.28)	4.62 (2.00)	5.97 (0.62)	
	GRUPO B	40.57 (1.87)	10.89 (0.61)	0.36 (0.04)	2.52 (0.32)	3.64 (0.62)	18.27 (2.79)	4.05 (0.34)	
Balaguer	GRUPO A	58.39 (1.01)	20.52 (0.75)	0.85 (0.12)	2.87 (0.34)	1.35 (0.33)	3.64 (1.55)	7.22 (0.65)	
	GRUPO B	48.69 (1.35)	19.72 (0.74)	0.84 (0.09)	3.65 (0.26)	2.27 (0.19)	8.96(1.14)	6.77 (0.22)	
Mallorca	s. XI	49.67	13.16	0.80	2.65	2.40	13.30	5.01	
Denia	GRUPO A	59.76 (2.71)	14.87 (0.72)	0.39 (0.08)	4.10 (0.58)	1.64 (0.47)	5.83 (1.47)	4.17 (1.02)	
	GRUPO B1	45.78 (2.03)	11.41 (1.55)	0.42 (0.15)	1.92 (0.39)	1.17 (0.07)	18.78 (2.03)	3.78 (0.24)	
	GRUPO B2	12.33 (1.41)	14.16 (1.06)	0.60 (0.30)	2.83 (0.56)	1.35 (0.13)	12.33 (1.41)	4.22 (0.36)	
Granada	s. XIV	49.58 (1.28)	13.18 (0.21)	1.10 (0.34)	1.93 (0.52)	2.43 (0.22)	13.56 (0.57)	5.09 (0.15)	
Paterna	s. XII	60.36 (0.42)	19.85 (0.48)	..	4.10 (0.06)	1.75 (0.04)	7.42 (0.05)	5.71 (0.11)	
	s. XIII	67.83 (3.87)	13.60 (1.59)	0.09 (0.09)	2.72 (1.61)	1.23 (0.34)	2.70 (1.61)	4.64 (0.92)	
s. XIV-XV	GRUPO B1	47.81 (1.97)	12.76 (0.51)	0.43 (0.48)	16.74 (0.88)	2.12 (0.22)	16.74 (0.88)	3.59 (0.22)	
	GRUPO B2	53.40 (1.16)	14.62 (1.05)	0.13 (0.15)	12.30 (0.72)	1.99 (0.32)	12.30 (0.72)	4.08 (0.38)	
	GRUPO B3	60.70 (1.38)	15.44 (0.81)	0.07 (0.13)	6.99 (1.25)	2.07 (0.20)	6.99 (1.25)	4.53 (0.30)	
Barcelona	GRUPO A	71.53 (1.19)	14.24 (0.85)	0.08 (0.09)	3.16 (0.12)	1.33 (0.13)	1.25 (0.34)	4.85 (0.39)	
	GRUPO B1	54.00 (1.58)	15.95 (0.74)	0.34 (0.52)	3.65 (0.39)	2.21 (0.21)	13.12 (1.21)	4.43 (0.19)	
	GRUPO B2	50.58 (3.17)	13.08 (0.95)	0.40 (0.44)	2.72 (0.46)	1.98 (0.29)	18.21 (2.29)	3.87 (0.23)	
	GRUPO C	59.01 (1.04)	18.79 (0.41)	0.35 (0.05)	4.54 (0.07)	2.31 (0.15)	4.63 (1.02)	5.72 (0.15)	
Casteldefels Barcelona Cardona	Casteldefels	48.39 (1.35)	13.86 (0.64)	0.57 (0.22)	3.52 (0.81)	2.22 (0.20)	13.38 (1.37)	4.58 (0.42)	
	Barcelona	52.88 (0.65)	14.30 (0.26)	0.53 (0.03)	3.80 (0.06)	1.82 (0.17)	9.33 (0.72)	5.11 (0.30)	
	Cardona	52.11 (1.23)	13.63 (0.37)	0.66 (0.03)	3.51 (0.30)	1.70 (0.11)	10.03 (0.54)	4.89 (0.16)	

Tabla 3. Composición media y desviación estándar de los barnices.

procedencia	s. X	cerámica islámica	color	SiO <sub>2</sub>	PbO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO
Murcia	s. X	cerámica islámica	AMARILLO MARRÓN	34.22 (1.13)	54.23 (1.52)	0.82 (0.11)	1.78 (0.24)	0.39 (0.17)	3.20 (0.34)	2.91 (0.52)	1.43 (0.66)	0.04 (0.06)
				32.54 (0.27)	53.01 (2.30)	0.52 (0.04)	1.63 (0.48)	0.38 (0.01)	3.50 (0.63)	3.31 (0.51)	1.71 (0.50)	0.02 (0.04)
Bataguer	s. XI	cerámica islámica	VERDE AMARILLO	36.95	52.27	0.87	1.44	0.53	2.72	2.64	1.39	1.17
				33.11	54.56	0.43	1.59	0.51	3.80	3.36	2.23	0.26
Mallorca	s. XI	cerámica islámica	VERDE	30.74	56.74	0.61	0.58	0.25	1.45	2.23	2.02	4.63
Denia	s. XIII	cerámica islámica	VERDE	33.39 (0.22)	52.83 (1.38)	0.85 (0.06)	1.53 (0.06)	0.29 (0.04)	3.04 (0.28)	2.92 (0.47)	1.15 (0.14)	2.70 (0.21)
Paterna	s. XIII	cerámica mudéjar	VERDE AMARILLO MARRÓN	32.76 (1.53)	54.62	0.25 (0.60)	0.93 (0.37)	0.49 (0.11)	2.59 (0.51)	5.25 (0.61)	2.53 (0.50)	0.00 (0.00)
				30.28 (1.16)	(11.70)	0.10 (0.03)	0.86 (0.23)	0.43 (0.13)	2.41 (0.22)	5.44 (0.26)	1.94 (0.19)	0.00 (0.00)
				33.59 (1.09)	57.68	0.10 (0.05)	0.84 (0.29)	0.70 (0.12)	1.44 (0.63)	5.94 (0.58)	2.56 (0.50)	0.00 (0.00)
				(15.52)								
				53.11 (5.61)								
s. XIV-XV		cerámica mudéjar	MELADO MARRÓN	32.84 (1.58)	55.78 (1.69)	0.09 (0.03)	0.63 (0.26)	0.58 (0.17)	1.55 (0.29)	5.61 (0.82)	2.17 (0.56)	0.00 (0.00)
				32.83 (0.75)	57.00 (4.80)	0.17 (0.06)	0.87 (0.10)	0.66 (0.03)	0.89 (0.60)	4.88 (0.76)	2.12 (0.43)	0.00 (0.00)

Tabla 4. Composición media y desviación estándar de los esmaltes.

procedencia		color	SiO <sub>2</sub>	PbO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SnO <sub>2</sub>	
Murcia	s. X	cerámica islámica	verde y morado	54.59 (2.24)	1.01 (0.26)	1.35 (0.40)	0.18 (0.12)	1.29 (0.66)	0.55 (0.45)	0.33 (0.19)	7-10%	
		blanco	38.11 (2.42)	58.55 (5.23)	1.61 (0.17)	1.62 (0.19)	0.33 (0.20)	2.17 (0.62)	0.71 (0.82)	0.53 (0.39)		
Mallorca	s. XI	blanco	30.94 (1.38)	53.91 (2.70)	1.00 (0.20)	1.18 (0.50)	0.23 (0.08)	2.40 (0.66)	3.23 (1.56)	1.21 (0.54)	7-9%	
Denia	s. XIII	verde y morado	31.06 (1.18)	55.35 (1.73)	2.34 (0.10)	0.60 (0.06)	0.24 (0.06)	0.69 (0.23)	0.92 (0.12)	0.14 (0.09)	6-7%	
Granada	s. XIV	reflejo metálico	40.85 (2.89)	43.69 (1.92)	1.26 (0.31)	2.69 (0.30)	0.30 (0.05)	1.67 (0.38)	0.88 (0.81)	0.49 (0.26)	7-9%	
		blanco/verde	40.41 (2.31)	46.49 (0.37)	0.36 (0.30)	1.46 (0.36)	0.52 (0.07)	2.31 (0.55)	4.21 (0.68)	1.12 (0.24)	7-10%	
Paterna	s. XIII	cerámica mudéjar	reflejo metálico	49.38 (1.23)	39.04 (0.50)	0.65 (0.28)	5.05 (0.06)	0.47 (0.08)	1.80 (0.09)	2.54 (0.10)	0.24 (0.16)	7-10%
		azul	38.16 (3.62)	45.49 (0.45)	0.90 (0.29)	4.24 (0.05)	0.55 (0.03)	2.28 (0.13)	2.45 (0.07)	0.30 (0.14)		
		blanco	45.04 (1.71)	43.83 (2.45)	1.10 (0.09)	2.77 (0.43)	0.22 (0.05)	1.77 (0.33)	3.08 (0.74)	0.48 (0.32)		
Barcelona	s. XIV-XV	reflejo metálico	45.78 (2.11)	40.30 (3.72)	0.55 (0.26)	2.42 (0.76)	0.40 (0.15)	2.24 (0.92)	3.66 (0.67)	0.46 (0.15)	5-8%	
		azul	51.85 (2.04)	33.80 (0.79)	0.62 (0.11)	6.49 (0.97)	0.16 (0.01)	2.33 (0.26)	2.77 (0.18)	0.29 (0.16)		
		blanco	50.39 (3.03)	32.64 (1.96)	0.91 (0.07)	5.06 (1.08)	0.29 (0.03)	2.49 (0.33)	3.63 (0.41)	2.14 (2.20)		
Barcelona	s. XIV-XV	blanco	48.41 (1.61)	32.62 (0.78)	1.17 (0.70)	5.26 (1.19)	0.29 (0.04)	2.62 (0.12)	3.01 (0.50)	3.75 (1.10)	5-8%	
		verde y morado	44.55 (4.01)	41.47 (2.81)	0.72 (0.32)	3.77 (1.14)	0.22 (0.07)	1.52 (0.31)	2.83 (0.48)	0.84 (0.34)		
			39.01 (1.04)	45.63 (2.05)	0.87 (0.33)	2.31 (0.44)	0.35 (0.03)	2.05 (0.42)	2.97 (0.08)	0.94 (0.11)		
			35.83 (5.72)	49.76 (6.24)	1.03 (0.24)	2.74 (0.76)	0.34 (0.02)	2.08 (0.21)	2.94 (0.32)	0.69 (0.09)		



Tabla 5. Composición de las fritas.

Procedencia	REF.	FRITAS	SiO <sub>2</sub>	PbO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SnO <sub>2</sub>
Murcia s. X	SF01	material contenido dentro de las orcitas	35.84	56.61	n.d	0.11	0.39	3.89	1.85	0.33	0.00
	SF02		35.04	58.01	n.d	0.07	0.27	4.18	1.18	0.29	0.00
	SF03		38.52	50.95	n.d	0.21	0.83	5.34	2.57	0.54	0.00
	SF04		40.07	52.60	n.d	0.12	0.48	3.89	1.28	0.36	0.00
	SF05		37.73	54.66	n.d	0.10	0.50	3.96	1.46	0.35	0.00
	SF06		37.80	53.28	n.d	0.10	0.35	4.35	2.40	0.39	0.00
	SF13		38.67	53.73	n.d	0.15	0.65	3.93	2.40	0.34	0.00
Denia s. XIII	SF12	goterones en las paredes exteriores de las ollas o marmittas.	32.71	57.63	n.d	1.12	0.33	2.38	4.00	0.99	0.00
	SF111		36.10	56.51	1.12	0.18	0.00	1.26	0.30	0.46	0.32
	SF112		34.86	58.60	0.98	1.12	0.00	0.52	0.28	0.58	0.24
	DV08		39.0	46.9	1.22	0.57	0.14	0.70	1.07	0.13	6.5
	DV11		27.6	57.2	1.60	0.44	0.11	0.96	0.84	0.18	7.2
DV12	28.0	58.1	1.36	0.52	0.21	0.76	0.55	0.11	6.7		
Paterna s. XIII	TF29		38.68	49.10	n.d	0.98	0.13	0.56	2.03	0.22	7.74
	TF30		37.12	51.22	n.d	1.04	0.09	0.42	1.84	0.17	7.55



Fig. 1. Imagen de microscopio electrónico de barrido de una sección pulida de un barniz con una interfase gruesa, propia de monococción, con abundantes cristales de feldespato de Pb-K.

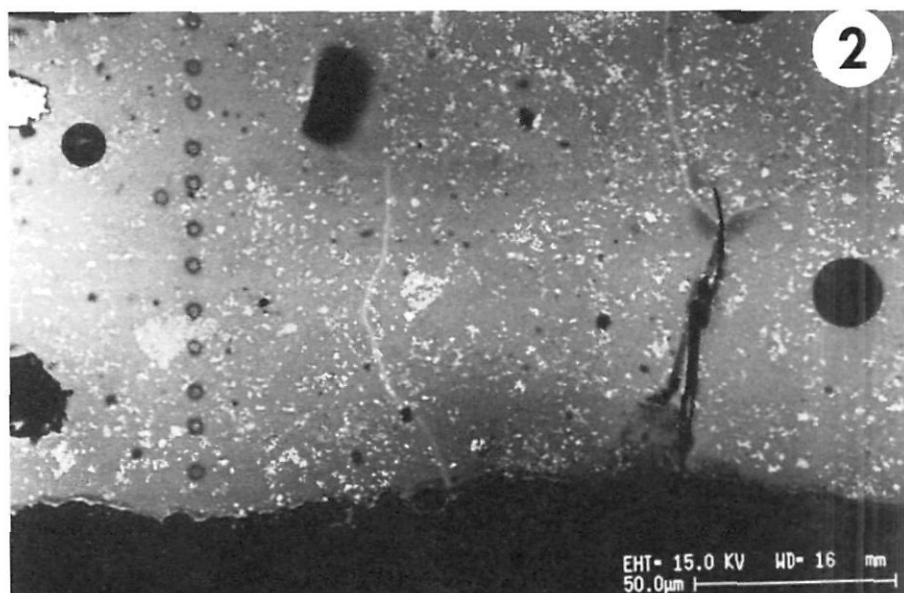


Fig. 2. Imagen de microscopio electrónico de barrido de una sección pulida de un esmalte donde se puede ver la distribución homogénea de los cristales de casiterita (SnO<sub>2</sub>). El pequeño espesor de la interfase es propio de una bicocción.

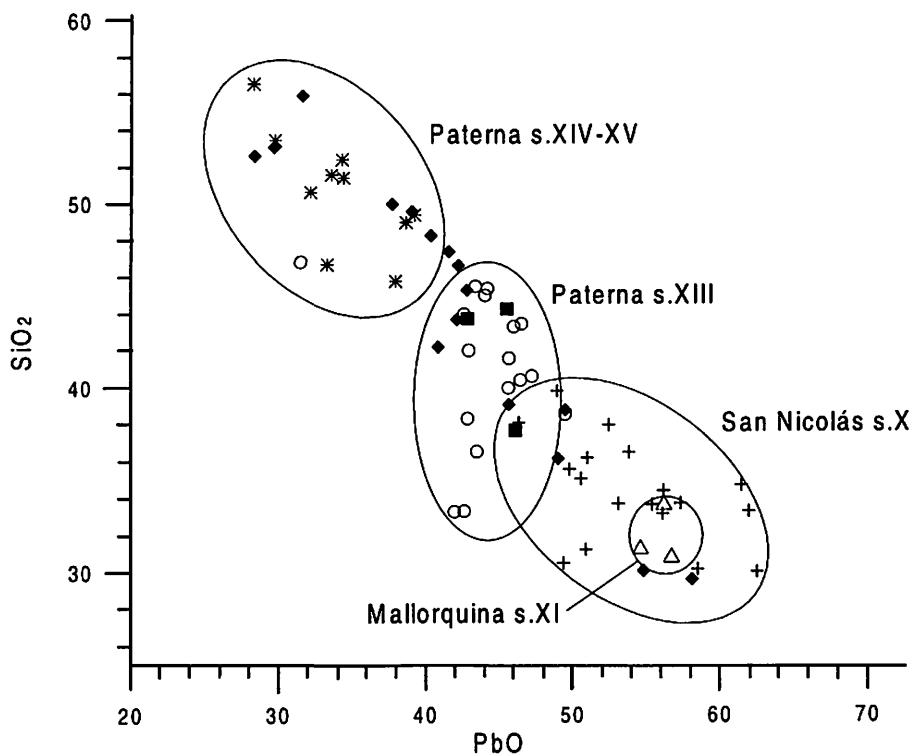


Fig. 3. Relación PbO-SiO<sub>2</sub> del conjunto de esmaltes analizados. La cantidad de PbO disminuye desde las producciones islámicas del siglo X hacia las producciones mudéjares del siglo XV.

- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| + San Nicolás s. X  | △ Mallorca s. XI      |
| ■ Nazarina s. XIV   | ○ Paterna s. XIII     |
| * Paterna s. XIV-XV | ◆ Catalunya s. XIV-XV |