LAS TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN DE CERÁMICAS EN LOS TALLERES ISLÁMICOS DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

Josefina PÉREZ-ARANTEGUI, María Pilar LAPUENTE

RÉSUMÉ : L'importance de l'industrie céramique à Saragosse pendant la periode islamique (fin Xe-début XIIe siècle) a conduit à étudier les différentes techniques de production du point de vue archéométrique. Les caractéristiques des matières premières utilisées pour la fabrication des pâtes céramiques ont mis au jour toute une préparation que les potiers leur faissaient avant d'être utilisées. Pour les objets glaçurés, ils utilisaient toujours des glaçures au plomb, dans lesquelles la silice et les minéraux de plomb étaient les principaux ingrédients. Les glaçures blanches sont toujours de vrais émaux (glaçures au plomb et opacifiées à l'étain), avec une technique de fabrication très élaborée. Les glaçures transparentes (jaunes) présentent des compositions chimiques qui peuvent aider à les différencier d'autres productions. La « cuerda seca » apparaît aussi comme une des techniques utilisées pour décorer partiellement ou totalement les objets dans ces ateliers islamiques. Les objets complètement couverts d'engobe rouge (« almagra ») ont été fabriqués suivant des traditions plus anciennes, mais aussi introduisant de nouveaux ingrédients inorganiques et organiques.

LA CERÁMICA ISLÁMICA DE LOS TALLERES DE SAN PABLO

En 1989, las excavaciones llevadas a cabo en Zaragoza (España), concretamente en la zona conocida como Barrio de San Pablo, y la calidad y magnitud de los hallazgos allí realizados pusieron de manifiesto la importancia que tuvo la industria cerámica en esta ciudad en época islámica (Aguarod, Escudero 1991a; Aguarod *et al.* 1991b; Mostalac 1995). Desde el siglo VIII hasta los comienzos del XII (1118 d.C.), Zaragoza había sido la capital del norte de al-Andalus, la Marca Superior, y durante todo este tiempo tuvo una vida económica y cultural muy activa, conociendo su época más floreciente durante el siglo XI cuando fue un reino independiente (taifa).

Los trabajos de excavación realizados en el borde exterior del lado occidental de la medina demostraron la existencia en esa zona de un importante barrio de alfareros, que trabajaron allí entre los siglos XI y comienzos del XII, o probablemente incluso desde finales del siglo X. Las diferentes excavaciones y catas realizadas en esa área en los últimos años han puesto al descubierto más de quince hornos (Mostalac, Galve 1986; Mostalac 1990; Aguarod, Escudero 1991a; Aguarod *et al.* 1991b; Mostalac 1995). En concreto, en las excavaciones mencionadas del año 1989 se hallaron seis hornos de dos cámaras, conocidos como "de parrilla", tres de una sola cámara, además de uno más pequeño que pudo usarse para vidriados o pruebas de alfarero. Los hornos de una sola cámara eran de planta circular y alzado cilíndrico, rematado con cúpula formada por aproximación de hiladas; en la parte inferior tenían dos o tres bancales que habían sufrido sucesivas remodelaciones y en las paredes hay una serie de hiladas de agujeros donde encajar las birlas o barras. Estos hornos están realizados en tapial, adobe y ladrillo. Completan los hallazgos: restos de edificaciones, testares y más de 40.000 piezas y fragmentos de cerámica, muy variados: desde objetos de cocina, vajilla de mesa o lámparas de aceite hasta juguetes y tambores, junto con deshechos de cocción y herramientas de alfarero (barras, trípodes, etc.).

Las técnicas de decoración utilizadas en estos objetos son muy diversas. En las piezas sin vidriado existen decoraciones incisas, impresas, estampilladas, a molde y pintadas, además de piezas recubiertas completamente de engobe rojo, "a la almagra". Entre los objetos con vidriado, los hay con vidriado monocromo melado, con decoración a la "cuerda seca" y blancos con decoración "verde y manganeso".

Las características y el interés de todos estos materiales cerámicos llevaron a los autores a profundizar en una serie de aspectos, que han desembocado en una extensa investigación de los mismos desde el punto de vista arqueométrico y que se resume a continuación a modo de síntesis de todos los resultados. El objetivo general de estos estudios era el conocer la tecnología de producción de la cerámica en estos talleres islámicos y se centraba en dos aspectos principales: la caracterización de las pastas utilizadas en la fabricación de estos objetos y el estudio de las características fundamentales y de las peculiaridades de los diferentes tipos de decoración, especialmente los vidriados. Todo ello era con el fin no sólo de conocer la producción cerámica realizada en Zaragoza, sino también de poderla comparar con las de otras zonas de al-Andalus.

LAS PASTAS CERÁMICAS

En primer lugar, la caracterización de las pastas cerámicas se realizó mediante distintas técnicas de análisis petrográfico y mineralógico, como la microscopía óptica aplica-

da a láminas delgadas, el análisis de imagen y la difracción de rayos X, y por análisis químico. El desarrollo detallado de la metodología utilizada, así como de los resultados obtenidos a través de ella, puede consultarse en Lapuente 1999.

Se observó que la producción se dividía en cuatro grupos diferentes, a través de los datos petrográficos, mineralógicos y de granulometría:

– *Grupo I:* corresponde a piezas decoradas: esmaltadas, meladas o de "cuerda seca". En su fabricación se utilizaron temperaturas ligeramente altas (800-950°C) y podía subdividirse, a su vez, en dos subgrupos *Ia* y *Ib* en función de su granulometría. El primero *(Ia)* presenta sólo una matriz muy depurada y, en general, se corresponde con piezas pequeñas. El segundo *(Ib)* consiste en una matriz muy fina e inclusiones de gran tamaño, sin fracciones intermedias, y la mayor parte de las muestras proceden de objetos de mayor tamaño, sobre todo ataifores.

– *Grupos II y III:* corresponden a piezas no vidriadas y útiles de alfarero. Su diferenciación se encuentra en la temperatura de cocción, siendo algo mayor la del *Grupo II* (alrededor de 850°C) que la del *III* (por debajo de 700°C), y también en que en el grupo *II* ha habido una ligera adición de inclusiones (la distribución granulométrica en algunos tamaños no se corresponde con la de un sedimento natural), mientras que el *III* es el más próximo a lo que pudo ser la materia prima original.

– *Grupo IV:* está compuesto por las ollas. Se caracteriza por el elevado número de inclusiones grandes (fragmentos de roca y chamota) que aparecen en sus pastas y por tener una matriz vitrificada, lo que indica una temperatura mucho más alta durante la cocción.

La diferente distribución granulométrica de las inclusiones de los tres primeros grupos puede verse en la Fig. 1.

Los análisis químicos de la composición en elementos mayoritarios, minoritarios y trazas también mostraron la diferencia entre los cuatro grupos de pastas cerámicas. Los datos agrupados estadísticamente (por análisis de agrupaciones o "clusters") permitían observar que aparecían separados los grupos *Ia, Ib, II, III* y *IV*. En la Tabla 1 puede verse la composición media en elementos mayoritarios de los diferentes grupos, resaltando sobre todo el carácter no calcáreo de las pastas de las ollas *(Grupo IV)* que no estaban vidriadas y el calcáreo del resto de los objetos. La diferencia en composición entre los tres primeros grupos es debida, sobre todo, no a una procedencia de la fuente arcillosa diferente para cada grupo, sino a la distinta proporción entre la matriz y las inclusiones.

Las características petrográficas de los cuatro grupos de pastas demostraban que las materias primas podían haber sido extraídas de una zona cercana a la ciudad, de un depósito lutítico carbonatado, con illita como mineral de la arcilla dominante. La mineralogía de las inclusiones encontradas en las pastas (de tipo granítico) corresponde a la zona del valle del Ebro. Sin embargo, es importante destacar una separación tecnológica que se hace a la hora de elegir la materia prima y es que hay una relación constante entre el objeto vidriado y la pasta calcárea: la pieza que se va a cubrir de vidriado debe estar siempre hecha en pasta calcárea. Otra característica tecnológica importante es que los objetos se cocían todos en atmósfera oxidante, lo que junto al uso de una pasta calcárea favorecía el color claro de las pastas ya cocidas.

De los resultados obtenidos se observa, por tanto, que hay un cuidado proceso de preparación y elaboración de las pastas por el alfarero según la función del objeto, sus dimensiones o la forma en la que éste iba a estar decorado.

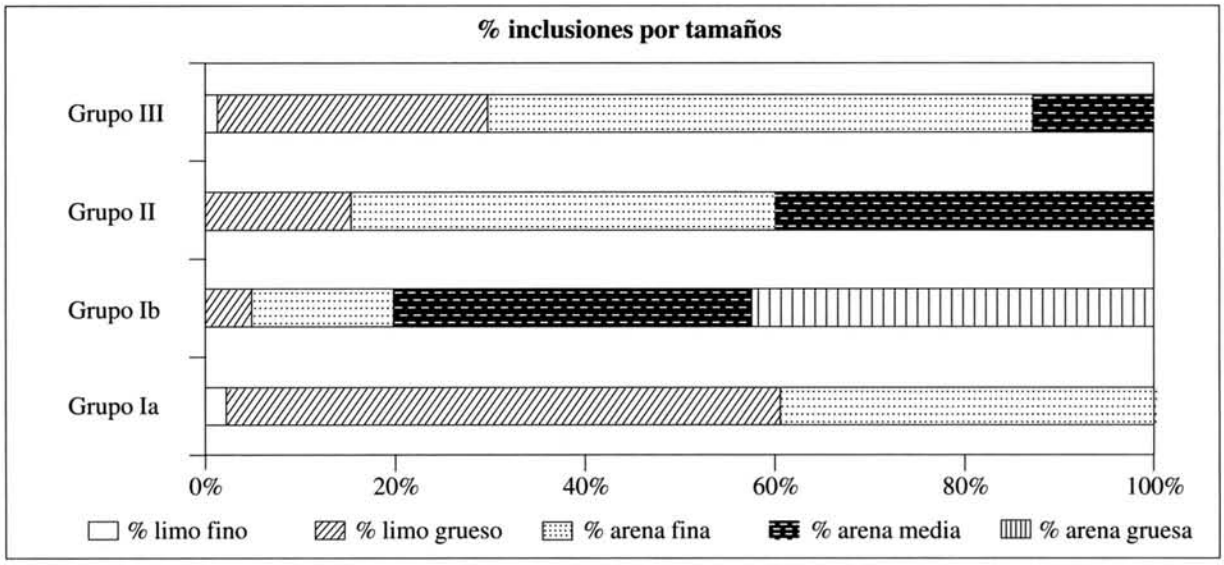

Fig. 1. Distribución (en %) de los diferentes tamaños de las inclusiones aparecidas en los tres primeros grupos de pastas.

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2
Grupo I	48,6	17,2	5,90	4,10	16,9	1,73	1,95	0,62
	2,46	*0,88*	*0,27*	*0,24*	*1,30*	*0,36*	*0,50*	*0,03*
Grupo II	49,5	16,0	5,55	3,60	16,5	0,81	3,25	0,58
	2,13	*0,98*	*0,31*	*0,38*	*0,89*	*0,20*	*0,47*	*0,04*
Grupo III	42,2	14,5	5,01	2,90	17,5	0,57	3,77	0,53
	2,20	*1,39*	*0,45*	*0,38*	*1,21*	*0,14*	*0,39*	*0,04*
Grupo IV	59,4	29,2	6,63	0,42	0,79	0,33	1,25	1,37
	2,26	*1,75*	*1,35*	*0,03*	*0,09*	*0,18*	*0,33*	*0,11*

Tabla 1. Composición química (expresada en % en peso) en elementos mayoritarios de los grupos de pastas cerámicas producidas en los talleres islámicos de Zaragoza.

Resumiendo se puede decir que, a partir de una materia prima inicial (calcárea), hay un primer grupo que se hacía directamente con esta materia, se cocía a baja temperatura y era para preparar cerámica no vidriada o recubierta con engobe (a la almagra), como la cerámica de cocina o los útiles de alfarero *(Grupo III)*. Si esta materia prima sufría una ligera adición de desgrasantes y se cocía a temperatura media, se tenía otro grupo que correspondía a cerámica no vidriada y piezas del horno *(Grupo II)*. Pero, si la materia prima inicial se depuraba y se cocía a temperatura más alta, se obtenían los objetos pequeños que van a estar vidriados *(Grupo Ia)*. Si una vez refinada la materia prima, se le añadían desgrasantes de gran tamaño (posiblemente para disminuir la plasticidad de la arcilla y evitar grietas) y se cocían los objetos, el resultado que se tenía es el empleado para piezas vidriadas grandes *(Grupo Ib)*. Por el contrario, si se iban a preparar ollas sin vidriado, se tomaba de principio otra materia prima arcillosa no calcárea, se le añadían desgrasantes naturales y chamota y se cocía a temperatura bastante alta *(Grupo IV)*. Las diferencias de temperatura de cocción que aparecen entre los cuatro grupos no tienen porque indicar necesariamente que se realizasen varias cocciones por separado. La magnitud de los hornos, el que las diferencias de temperatura no sean excesivamente grandes y algunos datos arqueológicos indican que estas piezas podían estar cociéndose a la vez en el mismo horno pero colocadas a distintas alturas y en diferentes zonas del horno.

LAS DECORACIONES

Pasando ahora al estudio de las decoraciones (Pérez-Arantegui 1997), en él se empleó sobre todo la microscopía electrónica de barrido con microanálisis de rayos X, con un detector de dispersión de energías acoplado, junto con algunas otras técnicas de análisis en alguno de los casos.

Los esmaltes blancos

En primer lugar, entre los objetos vidriados se estudiaron los decorados en blanco, lisos o generalmente con diseños en "verde y manganeso" (Pérez-Arantegui *et al.* 1999a; Molera *et al.* 2001). El recubrimiento de la cerámica aparecía siempre en forma de un vidriado al plomo, parece ser que entre las producciones islámicas de la Península Ibérica no se encuentran nunca vidriados alcalinos que sí fueron frecuentes en otros lugares de influencia musulmana. Está opacificado con óxido de estaño y tiene espesores de alrededor de 150 micras. En los vidriados aparecían multitud de pequeños cristales de casiterita (óxido de estaño), además de inclusiones de cuarzo de tamaño bastante grande, contribuyendo todo ello a la opacidad del vidriado. La presencia de estas inclusiones de cuarzo parece ser característica de las producciones zaragozanas de esmaltes, más que en las de otros lugares. El esmalte está aplicado directamente sobre la pasta arcillosa, probablemente previamente bizcochada ya que la reacción entre el vidriado y la pasta durante la cocción ha sido mínima, y sin ningún tipo de engobe intermedio.

Respecto a la composición química de estos vidriados opacos sobre los que se dibuja el diseño decorativo, pueden diferenciarse dos grupos (Tabla 2), en los que el primero presenta un porcentaje de óxido de silicio algo mayor y el segundo tiene sobre todo una mayor proporción de estaño. Como características comunes están la proporción de potasio (alrededor del 3% K_2O) y la escasa aportación de aluminio y hierro. Esta composición parece ser característica, ya que se diferenciaba de la del vidriado blanco utilizado en la cara secundaria de algunas piezas y de otros esmaltes analizados procedentes del sur de al-Andalus, concretamente de la ciudad de Córdoba y de Madinat al-Zahra (Córdoba). Esta diferencia en composición se extiende también a otros esmaltes procedentes de distintas zonas de la Península

	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	Fe_2O_3	PbO	SnO_2	CuO
Blanco (1)	0,61 *0,38*	46,1 *1,30*	3,74 *0,66*	3,73 *0,89*	0,70 *0,40*	36,0 *1,65*	5,87 *1,14*	
Blanco (2)	1,02 *0,64*	41,5 *0,70*	3,26 *0,50*	3,72 *0,55*	0,77 *0,09*	37,8 *2,71*	10,6 *2,65*	
Melado	5,28 *0,42*	32,6 *1,03*	2,11 *0,30*	7,37 *0,52*	3,85 *0,39*	47,9 *2,21*	–	
Melado*	5,11 *0,68*	31,8 *2,23*	2,09 *0,45*	5,64 *1,21*	3,06 *0,73*	51,3 *4,39*	–	
Verde	3,02 *0,95*	39,7 *3,63*	3,38 *0,05*	6,65 *0,09*	2,50 *0,34*	37,5 *3,08*	4,67 *0,81*	2,34 *0,34*

Tabla 2. Composición química (expresada en % en peso) de los vidriados utilizados sobre la cerámica islámica producida en Zaragoza. (*) Vidriados melados correspondientes a la cara secundaria de las cerámicas decoradas en "verde y manganeso" en su cara principal.

Ibérica, como Murcia, Mallorca, Denia (Alicante) y Granada (Molera *et al.* 2001).

Como resumen de las características tecnológicas de estos vidriados blancos islámicos, se puede decir que todos están fabricados a partir de sílice y minerales de plomo, opacificados con óxido de estaño, es decir como verdaderos esmaltes, desde el siglo X. Se utilizaban como materias primas, además del plomo y del estaño, cuarzo o arena muy pura y blanca (dado el escaso porcentaje de aluminio y hierro), junto con una pequeña proporción de alcalinos. Los esmaltes se colocaban directamente sobre el objeto, probablemente una vez bizcochado. Para producir los vidriados blancos se utilizaron recetas ligeramente diferentes según las zonas, con proporciones distintas de plomo y sílice, arcilla, potasio y estaño, de lo que se deduce la importancia de conocer la composición química de los esmaltes fabricados en diferentes áreas. En los talleres de Zaragoza, a la frita para preparar el esmalte se añadió cuarzo molido, con el fin probablemente de opacificar el vidriado y ahorrar estaño, o debido quizás al modo particular de preparar la frita. Como colorantes para realizar el dibujo sobre el blanco se utilizaron cobre para el verde y manganeso para el negro, prácticamente como únicos ingredientes para la coloración.

Los vidriados melados y verdes

Además de los vidriados blancos, aparecían entre la producción cerámica gran cantidad de fragmentos y objetos con vidriados melados, con colores que iban desde el amarillo hasta el marrón claro, y que podían ser lisos o estar decorados con trazos ("churretones") en color negro o verde. Junto a éstos también se encontraban, aunque en una proporción mucho menor, algunas piezas vidriadas en verde.

Estos vidriados (Pérez-Arantegui, Castillo, en prensa) eran muy homogéneos, con espesores de 150 a 200 micras o a veces mayores, y sólo en muy pocos casos aparecían inclusiones o cristales de neoformación. Por su composición química (Tabla 2), estos vidriados siguen siendo principalmente de sílice y plomo, con contenidos mayores en este último elemento que los esmaltes de los que se ha hablado anteriormente, y tienen además una mayor proporción de aluminio, calcio y hierro, lo que indica que a la arena y minerales de plomo en este caso se añadió también arcilla y quizás algo de óxido de hierro. Estos vidriados eran totalmente comparables en composición y propiedades a los melados que recubren la cara posterior de las cerámicas decoradas en "verde y manganeso", que se han citado anteriormente.

La composición de los vidriados melados era muy similar en casi todos los casos, independientemente de la decoración final o de que perteneciesen a la cara secundaria de las piezas decoradas en "verde y manganeso". Sin embargo en este caso, su composición, aunque algo distinta, no estaba tan diferenciada de las muestras estudiadas de otros alfares como ocurría en el caso anterior de los esmaltes.

Aunque los vidriados melados eran mayoritarios, se estudiaron también algunos hallazgos minoritarios de vidriados en verde. Éstos aparecen con composiciones químicas diferentes (Tabla 2), destacando como característica tecnológica más importante el hecho de que los vidriados verdes fueran también opacificados con estaño y no transparentes como lo eran los melados, por lo que se asemejan más a los blancos en su composición química básica y en sus características estructurales.

También como característica tecnológica se puede añadir el papel que en los vidriados, tanto opacos como transparentes, está jugando la diferente proporción de fundentes, en este caso plomo y potasio. Existe una relación lineal, y por tanto intencionada, entre la proporción de plomo y potasio en los distintos vidriados, por lo que ambos fueron añadidos con la finalidad de modificar las propiedades de los mismos, que posiblemente no debían ser iguales para vidriados opacos y transparentes.

El color melado que tienen estos vidriados transparentes se debe a la presencia de hierro disuelto en él y al color de la pasta cerámica que se ve a través del vidriado. Para las decoraciones en trazos verdes o negros (o marrón oscuro) se utilizaban también el cobre y el manganeso respectivamente como elementos colorantes, característica también evidenciada en la decoración de los esmaltes.

La decoración "a la cuerda seca"

Otra de las decoraciones cerámicas en la que se utilizaban vidriados era la "cuerda seca". En los talleres de Zaragoza parece ser que se fabricaron objetos decorados con "cuerda seca parcial" y con "cuerda seca total", especialmente jarritas en el primer caso y ataifores en el segundo. En la decoración de "cuerda seca parcial" se usaron vidriados melados y verdes y en la "cuerda seca total" aparecen, además de estos dos, vidriados blancos rellenando por completo la superficie de la cerámica (Pérez-Arantegui *et al.* 1999b).

Al estudiar esta decoración por microscopía electrónica de barrido, se observó que la línea negra que separa los diseños aparece como una capa heterogénea entre vidriados, con proporciones altas de manganeso, aunque muy variables debido a que no se trataba de una capa uniforme. Su composición era mayoritaria en manganeso, pero aparecían también hierro, calcio, silicio, aluminio y potasio, e incluso a veces algo de plomo. Los pigmentos eran, por tanto, una mezcla de óxidos de manganeso y otras fases minerales, sobre todo óxidos de hierro, e incluso no se descarta la adición de plomo como pequeñas cantidades de frita añadidas al pigmento.

Una vez trazado el diseño de la decoración con los pigmentos anteriores, el vidriado se colocaba después sobre la superficie de la pieza, en muchas ocasiones aparecía superpuesto a la línea negra, rellenando los espacios entre líneas. En los objetos decorados con "cuerda seca" parcial, se veía una importante capa de reacción entre el vidriado y la pasta, lo que hace suponer que probablemente estas piezas no eran bizcochadas antes de ser decoradas.

Viendo la composición de estos vidriados, se observa que siguen fabricándose a partir de sílice y plomo y que como colorantes actúan el cobre, en el verde, y el hierro, en el melado. La composición general sería de 30-40% de SiO_2, 45-55% de PbO, 3-5% K_2O, 3-7% CaO, 2-3% Al_2O_3 y 2-4% FeO. En aquellos objetos que están decorados con "cuerda seca" total, aparece también como color del dibujo el blanco, siendo la causa de su coloración la presencia de óxido de estaño en el vidriado plumbífero. Estos trazos en esmalte mostraban características y estructura similar a las ya expuestas para los vidriados blancos usados en otras decoraciones.

En los objetos decorados con "cuerda seca parcial", el resultado decorativo final se conseguía además porque el diseño resaltaba sobre el color muy claro que tenía la pasta una vez cocida, debido a su composición calcárea ya comentada anteriormente.

Las jarritas con engobe rojo: "a la almagra"

Entre los tipos de decoración utilizados en objetos no vidriados, se estudió solamente el llamado "a la almagra", de pequeños objetos cubiertos por completo de un engobe rojo brillante, ya que en él podían conjugarse tradiciones más antiguas pero también se habían podido introducir algunas características tecnológicas nuevas. Este tipo de decoración aparecía sólo en objetos pequeños (jarritas) y de paredes finas, con tipologías similares a las decoradas en "cuerda seca parcial".

Todas las muestras estudiadas presentaban una capa homogénea y compacta, muy delgada, de unas 10 a 15 micras, que recubría la pared de los objetos. Esta capa tenía una textura muy fina, amorfa, con inclusiones muy pequeñas: algunos cuarzos y óxidos de hierro, y muy escasas en número. Si además se compara la composición química del engobe y de la pasta, se observa que ésta es muy diferente en algunos elementos, sobre todo hierro (14-15% Fe_2O_3 frente a 10-11%), potasio (10-15% K_2O frente a 6-7%) y calcio (2-4% CaO frente a 23-25%). A la vista de los resultados, se puede concluir que la naturaleza de la pasta y la del engobe, aunque también arcilloso, son muy distintas, correspondiendo el engobe a la fracción más fina de una arcilla illítica, por la pequeña cantidad de inclusiones no plásticas. El carácter poco calcáreo de esta fracción y la atmósfera oxidante de la cocción favorecerían la aparición del óxido férrico responsable del color rojo del engobe.

A pesar de que la naturaleza del engobe quedaba explicada por las características antes expuestas, por el carácter tan brillante y homogéneo de la superficie, se sospechó que esta podía haber sufrido otros tratamientos. Para ello un extracto de una pequeña muestra del engobe rojo se analizó por espectrometría de masas y cromatografía de gases, revelando la presencia de sustancias orgánicas en la superficie de la pieza, probablemente de ceras, que podían haber sido aplicadas sobre el objeto después de la cocción para dar una superficie más brillante y satinada y disminuir su porosidad.

Como conclusiones de las características tecnológicas de estos engobes rojos se puede decir, por tanto, que se pre-

pararon a partir de una arcilla depurada, de la fracción más fina probablemente illítica, que se cocieron en atmósfera oxidante (esto y el carácter no calcáreo del engobe favorecieron la precipitación de la hematita, que actúa de colorante) y que la superficie sufrió un tratamiento posterior a la cocción con ceras para darle un aspecto más brillante.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer su colaboración a D. Antonio Vallejo Triano, a D. Francisco Godoy Delgado y especialmente a D. Francisco Escudero Escudero por poner a su disposición el material arqueológico necesario para este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Aguarod, Escudero 1991a : AGUAROD (M.C.), ESCUDERO (F.). – La industria alfarera del barrio de San Pablo (siglos I-XIII), *en: Zaragoza: Prehistoria y Arqueología*, Ayuntamiento de Zaragoza, Zaragoza 1991, 44.

Aguarod *et al.* 1991b : AGUAROD (M.C.), ESCUDERO (F.), GALVE (M.P.), MOSTALAC (A.). – Nuevas perspectivas de la arqueología medieval urbana del periodo andalusí: la ciudad de Zaragoza (1984-1991), *Aragón en la Edad Media* IX (1991), 445-491.

Lapuente 1999 : LAPUENTE (M.P.), PÉREZ-ARANTEGUI (J.). – Characterisation and Technology from Studies of Clay Bodies of Local Islamic Production in Zaragoza (Spain), *Journal of the European Ceramic Society* 19 (1999), 1835-1846.

Molera *et al.* 2001 : MOLERA (J.), VENDRELL-SAZ (M.), PÉREZ-ARANTEGUI (J.). – Chemical and Textural Characterization of Tin Glazes in Islamic Ceramics from Eastern Spain, *Journal of Archaeological Science* 28 (2001), 331-340.

Mostalac, Galve 1986 : MOSTALAC (A.), GALVE (M.P.). – Excavaciones en Caesaraugusta (Zaragoza), *Boletín del Museo de Zaragoza 5* (1986), 424-429.

Mostalac 1990 : MOSTALAC (A.). – Los hornos islámicos de Zaragoza, *en: Fours de potiers et «testares» médiévaux en Méditerranée Occidentale*, Publicaciones de la Casa de Velázquez, Madrid 1990, 63-74 (Série Archéologie XIII).

Mostalac 1995 : MOSTALAC (A.). – Les fours islamiques de Saragosse, *en: Le vert et le brun, de Kairouan à Avignon, céramiques du Xe au XVe siècle*, Réunion des musées nationaux, Marseille 1995, 31-32.

Pérez-Arantegui 1997 : PÉREZ-ARANTEGUI (J.). – Les glaçures et les premiers émaux sur la céramique islamique en al-Andalus (Espagne), *Techne* 6 (1997), 21-24.

Pérez-Arantegui *et al.* 1999a : PÉREZ ARANTEGUI (J.), RUIZ (E.), CASTILLO (J.R.). – La cerámica "verde y negro" de los talleres islámicos de Zaragoza: características tecnológicas de sus recubrimientos, *Caesaraugusta* 73 (1999), 43-47.

Pérez-Arantegui *et al.* 1999b : PÉREZ-ARANTEGUI (J.), SOTO (M.), CASTILLO (J.R.). – Examination of the "Cuerda seca" Decoration Technique on Islamic Ceramics from al-Andalus (Spain), *Journal of Archaeological Science* 26 (1999), 935-941.

Pérez-Arantegui, Castillo, en prensa : PÉREZ-ARANTEGUI (J.), CASTILLO (J.R.). – Chemical Characterisation of Clear Lead Glazes on Islamic Ceramics, Produced in Northern al-Andalus (Muslim Spain), *en: Proceedings of the 31st International Symposium on Archaeometry, Budapest (Hungary), 1998* (ed. K.T. Biró), British Archaeological Reports, Archaeolingua Central European Series, Archaeopress, Budapest (en prensa).

Pérez-Arantegui, Castillo 2000 : PÉREZ-ARANTEGUI (J.), CASTILLO (J.R.). – Characterization of Red-Coloured Slips (almagra) on Islamic Ceramics in Muslim Spain, *Archaeometry* 42 (1) (2000), 119-128.