

LA CERÁMICA MEDIEVAL Y MODERNA DE TERUEL: ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Josefina Pérez-Arantegui*

INTRODUCCIÓN

Tras su fundación hacia 1171 por el rey Alfonso II de Aragón, Teruel se convirtió pronto en la principal ciudad del sur del reino. Además de la relación que tuvo con la conquista de Valencia, durante toda la primera mitad del siglo XIII Teruel fue también paso del flujo migratorio de gentes que venían desde el valle del Ebro para la colonización del Levante. Ya a partir de mediados del siglo XIII, la nueva situación política va a impulsar un resurgimiento económico que en Teruel girará en torno a la producción de algunas manufacturas y sobre todo de materias primas. Una de las muestras de este desarrollo va a estar en la cerámica esmaltada y decorada (Ortega, J., 2002).

A finales del siglo XIII aparecen ya los primeros ejemplos esmaltados con diseños en verde y/o manganeso, técnica decorativa que se ha mantenido y ha llegado hasta nuestros días. Era una producción local de escudillas hemisféricas o de borde polilobulado, abundantemente decoradas. Comparten repertorio durante esta fase con ataifores, redomas y jarritas vidriadas en verde y melado todavía muy influenciadas por las producciones contemporáneas andalusíes. Hacia mediados del siglo XIV, aparecen las series "clásicas", ricamente ornamentadas en verde y manganeso. Las piezas ahora se esmaltan y decoran abundantemente con una variada gama de motivos que combinan elementos procedentes de la pintura profana cristiana, con estructuras compositivas y motivos de clara raíz islámica. Es una época de una elaborada facturación cerámica y de gran difusión de las piezas (Ortega, J., 2002).

A finales del siglo XIV los motivos tienden a hacerse cada vez más simples y esquemáticos. A esta progresiva transformación, se unen también algunos cam-

* Dpto. Química Analítica. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza.

bios formales. Durante el siglo XV se desarrollan formas abiertas de base plana o ligeramente cóncava, junto a escudillas de orejetas y platos bajos de perfil sinuoso. La decoración se caracteriza por la desaparición definitiva de todo marco para los motivos, que quedan solos en el centro, con o sin elementos de relleno, destacando la serie de los helechos. Ya a finales del siglo XV la principal novedad viene dada por la aparición de algunas formas nuevas, en general copias cerámicas de la vajilla metálica de moda. En cualquier caso, la novedad más destacable de ese momento es la aparición de la cerámica decorada en azul, en lugar de verde y manganeso, con repertorios ornamentales muy relacionados con los de reflejo dorado valenciano (Ortega, J., 2002). A partir de este momento van a convivir los dos tonos decorativos en la cerámica de Teruel.

El objetivo principal de la investigación llevada a cabo en la cerámica de Teruel, que se expone a continuación, es el de poder caracterizarla, conociéndola en profundidad, así como establecer la tecnología utilizada en su producción, hecho que permitirá conocer sus peculiaridades e influencias, así como las evoluciones y cambios tecnológicos más importantes. En este trabajo se resumen algunos de los resultados obtenidos para el periodo entre los siglos XIII y XVI, como parte de un proyecto más global que cubrirá también épocas posteriores.

MATERIAL SELECCIONADO Y TÉCNICAS ANALÍTICAS UTILIZADAS

Los objetos elegidos para realizar el estudio pertenecen a los depósitos del Museo de Teruel y proceden en su mayoría de excavaciones realizadas en la ciudad. En total fueron estudiados algo más de un centenar de fragmentos, la mayor parte de ellos esmaltados, pero también se eligieron algunos con vidriados transparentes, otros sin vidriar y algunos restos de desechos de talleres cerámicos (ver nota final). Los criterios seguidos en la selección de los objetos fueron el de cubrir todo el periodo a estudiar (finales del siglo XIII al siglo XVI, como primera parte del trabajo) y el que estuviesen incluidos los distintos tipos de decoraciones utilizadas en la cerámica esmaltada durante este tiempo.

Para estudiar la composición química de las pastas con las que se fabricaba la cerámica, dada su homogeneidad y su posible origen común, se utilizó la Espectrometría de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP). Se determinó así el contenido en las pastas de los siguientes elementos: sodio (Na), magnesio (Mg), aluminio (Al), potasio (K), calcio (Ca), titanio (Ti), manganeso (Mn), hierro (Fe), bario (Ba) y estroncio (Sr), a partir de una disolución acuosa de las muestras.

Para el estudio de los esmaltes y vidriados se recurrió a la utilización de la Microscopía electrónica de barrido, con un sistema acoplado de microanálisis de rayos X. De esta forma era posible el estudio de la composición química de toda la capa decorativa y, al mismo tiempo, el conocimiento de su estructura y de sus características microscópicas.

CARACTERÍSTICAS DE LAS PASTAS CERÁMICAS

Los resultados de los análisis químicos de las pastas se presentan en la tabla I, agrupados en los tres tipos más significativos. Los resultados analíticos se habían sometido previamente a un tratamiento estadístico de agrupación de muestras por similitud (Hierarchical Clustering Analysis).

Mediante los resultados analíticos se diferencian claramente en la cerámica decorada dos tipos de pastas, sobre todo por su contenido en calcio. El primer grupo de pastas, el mayoritario entre los objetos analizados, está formado por fragmentos con contenidos en calcio entre 6 y 9% CaO, porcentajes en el límite que separa las pastas que se dicen no-calcáreas de las calcáreas. Se corresponde con la composición típica de la cerámica tradicional de Teruel, de color muy rojo (dado que el bajo contenido en calcio no favorece que el hierro se disuelva en los silicatos y éste queda en forma de óxido férrico). En este grupo están incluidas todas las muestras decoradas en verde y morado.

TABLA I

Composición química de distintas pastas cerámicas en objetos esmaltados (los resultados se expresan como % en peso de óxidos y como $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para Ba y Sr)

| ORIGEN | PASTAS | Na ₂ O | MgO | Al ₂ O ₃ | K ₂ O | CaO | TiO ₂ | MnO | Fe ₂ O ₃ | Ba | Sr |
|--------|------------------------------|-------------------|------|--------------------------------|------------------|------|------------------|-------|--------------------------------|-----|-----|
| TERUEL | Pastas poco calcáreas | 0,20 | 1,49 | 15,7 | 3,60 | 7,44 | 0,53 | 0,028 | 4,69 | 433 | 131 |
| | s (n = 35) | 0,07 | 0,13 | 1,4 | 0,22 | 1,00 | 0,04 | 0,009 | 0,50 | 42 | 37 |
| | Pastas calcáreas | 0,47 | 1,43 | 16,1 | 2,66 | 13,5 | 0,64 | 0,023 | 4,41 | 428 | 207 |
| | s (n = 7) | 0,05 | 0,19 | 1,9 | 0,45 | 2,2 | 0,07 | 0,009 | 0,58 | 88 | 47 |
| | Pastas no-calcáreas | 0,24 | 1,17 | 17,7 | 3,07 | 3,00 | 0,69 | 0,031 | 5,84 | 409 | 90 |
| | s (n = 3) | 0,01 | 0,10 | 0,96 | 0,29 | 1,19 | 0,06 | 0,007 | 1,20 | 20 | 5 |
| MUEL | Pastas calcáreas | 0,94 | 3,05 | 15,5 | 2,50 | 13,2 | 0,75 | 0,073 | 5,73 | 626 | 311 |
| | s (n=5) | 0,23 | 0,28 | 1,1 | 0,45 | 0,7 | 0,09 | 0,005 | 0,27 | 29 | 29 |

El segundo tipo de pasta tiene un contenido bastante mayor en calcio (10,5-16% CaO), son ya pastas calcáreas. Se corresponde con pastas de colores muy claros (en este caso el hierro se ha disuelto en los silicatos y sus óxidos no colorean de rojo la pasta) y en él están incluidos todos los fragmentos analizados decorados en azul. Este hecho de estar realizados con pastas calcáreas marca una importante ruptura tecnológica entre la cerámica esmaltada decorada en verde y morado y

la decorada en azul, a pesar de que ambas eran fabricadas a la vez a partir del siglo XV. Si se compara este tipo de pasta con el utilizado en otros talleres de la zona de Muel-Zaragoza que también produjeron cerámica esmaltada decorada en azul (tabla I), puede verse además que, a pesar de que también se utilizan pastas calcáreas, sus composiciones se distinguen en conjunto y se separan estadísticamente porque entre los dos grupos existen claras diferencias en elementos como magnesio, manganeso, bario o estroncio, por ejemplo. Este hecho es muy significativo de cara a poder diferenciar entre objetos de ambas producciones. El uso de pastas calcáreas cuando la pieza va a estar decorada con esmalte se ha observado también en otros talleres islámicos y mudéjares (Molera, J. *et alii*, 1996; Lapuente, P. y Pérez-Arantegui, J., 1999; Pérez-Arantegui, J. *et alii*, 2007).

Además de estos dos tipos de pastas usados en objetos esmaltados, aparece también otro tipo característico, con un contenido en calcio muy bajo (alrededor de 3% CaO), que se utiliza sólo para producir ollas, vidriadas por la cara interior. Este rasgo propio de la pasta de ollas ha sido también documentado y observado en otros talleres cerámicos y en distintos periodos (Molera, J. *et alii*, 1996; Lapuente, P. y Pérez-Arantegui, J., 1999).

COMPOSICIÓN Y MICROESTRUCTURA DE LOS ESMALTES

Los recubrimientos cerámicos estudiados en la cerámica de Teruel resultaron ser en todos los casos esmaltes plumbíferos, es decir, vidriados formados usando plomo como fundente principal y opacificados con óxido de estaño. Ni siquiera entre los fragmentos más antiguos aparecieron vidriados transparentes sobre engobes blancos, como se usaron, por ejemplo, en cerámicas italianas de cronología similar (Berti *et alii*, 2002; Vendrell Saz, comunicación personal). Esto confirma una vez más el hecho de que en la Península Ibérica desde época musulmana todos los esmaltes se producen utilizando el plomo como fundente principal (Molera, J., 1996; Molera, J. *et alii*, 1999a; Molera, J. *et alii*, 2001; Pérez-Arantegui, 1997; Pérez-Arantegui *et alii*, 1999a; Pérez-Arantegui *et al.*, 1999b; Pérez-Arantegui, J. 2002; Pérez-Arantegui, J. *et alii*, 2007; Pérez-Arantegui, J. *et alii*, 2009). Los resultados obtenidos sobre la composición química de los esmaltes se muestran en la tabla II.

A la vista de la composición química, estos esmaltes están formados por sílice, óxido de plomo, óxido de potasio y un poco de arcilla (aparece un porcentaje importante de aluminio en su composición), pero serían siempre sílice y arcilla muy puras y blancas porque el porcentaje de hierro es muy pequeño (<0,5% FeO). Junto a esta composición básica, en el vidriado se incluye también el óxido de estaño causante de la opacidad, con porcentajes muy irregulares. Los valores de todos estos elementos han demostrado ser significativos en otras producciones esmaltadas, tanto para diferenciar las de distintos talleres como para observar variaciones en un mismo taller a lo largo del tiempo (Molera, J., 1996; Molera, J. *et alii*, 1999a; Molera, J. *et alii*, 2001; Pérez-Arantegui J. *et alii*, 1999a).

TABLA II

**Composición química de las distintas agrupaciones de esmaltes
(los resultados están expresados en % en peso de óxidos)**

| ORIGEN | | Na ₂ O | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | K ₂ O | CaO | SnO ₂ | PbO |
|-----------------|--------|-------------------|--------------------------------|------------------|------------------|------|------------------|------|
| Teruel-A | (n=23) | < 0,50 | 4,07 | 41,8 | 1,63 | 0,61 | 8,48 | 43,1 |
| | s | | 0,87 | 2,4 | 0,43 | 0,31 | 2,87 | 3,4 |
| Teruel-B | (n=11) | < 0,50 | 5,75 | 48,3 | 2,62 | 0,89 | 6,16 | 35,5 |
| | s | | 0,83 | 2,4 | 0,48 | 0,40 | 1,40 | 2,0 |
| Teruel-C | (n=7) | <0,50 | 4,50 | 47,4 | 4,63 | 1,63 | 4,88 | 36,4 |
| | s | | 1,20 | 2,3 | 0,38 | 0,45 | 1,34 | 1,9 |
| Muel | (n=5) | 0,83 | 4,09 | 53,8 | 4,58 | 2,14 | 4,24 | 29,6 |
| | s | 0,43 | 0,51 | 1,8 | 1,15 | 0,65 | 1,03 | 2,2 |

Según los resultados y también aplicando un tratamiento estadístico de agrupación de muestras por similitud (Hierarchical Clustering Analysis), los esmaltes se agrupan fundamentalmente en tres grupos significativos (que llamaremos A, B y C, tabla II). Los elementos definitivos en la clasificación fueron el plomo y el potasio (que actuaban como fundentes), junto con el silicio, y en algunos casos el calcio. Los grupos A y B corresponden a esmaltes decorados en verde y/o morado y el grupo C a los decorados en azul. Esta diferenciación resulta de nuevo interesante pensando en la tecnología cerámica porque implica que no sólo se modificó la pasta arcillosa utilizada sino que también se llevó a cabo un cambio en la composición del esmalte a la vez que se variaba la decoración. Los grupos A y B se diferencian entre ellos por la cantidad añadida de fundente: en el grupo B se disminuye la cantidad de plomo incluida (<40% PbO) y se aumenta la de potasio (2-3% K₂O). Esta separación en composición va también acompañada de otras diferencias en la estructura que se comentarán más adelante.

El grupo C posee una composición media de 36,4% PbO, 47,4% SiO₂ y 4,63% K₂O, junto a un mayor porcentaje de calcio (1,63% CaO). Esto último puede deberse sencillamente a que en la fabricación de estos objetos se usaban pastas con un mayor contenido en calcio, como ya se ha explicado, por lo que la pequeña difusión de este elemento de la pasta hacia el esmalte durante la cocción puede haber hecho que su porcentaje final sea ligeramente mayor. Sin embargo, el hecho de que el contenido en potasio sea ahora casi del doble (entre 4-5% K₂O), comparado con los grupos anteriores, es mucho más importante porque esto marca una clara diferencia en la forma de producción y en los ingredientes utilizados en los esmaltes decorados en azul respecto a los decorados en verde y morado. Si se comparan de nuevo los objetos de Teruel y de Muel-Zaragoza (tabla II), se observa que por la composición de sus esmaltes podrían diferenciarse tam-

bién las cerámicas decoradas en azul producidas en Teruel (grupo C) de las de Muel-Zaragoza (Pérez-Arantegui, J. *et alii*, 2007).

En todos los fragmentos decorados estudiados, el esmalte aparecía sobre la pasta cerámica con una zona extremadamente estrecha de interacción (< 10 micras) entre el vidriado y la arcilla (Fig. 1), característica común con los esmaltes islámicos y que continuaría en las producciones mudéjares, que se ha justificado por el hecho de que el esmalte se aplicaba sobre la pieza previamente bizcochada.

En general, los esmaltes aparecen bien conservados y con espesores entre 100 y 200 micras, aunque las dimensiones más habituales están en torno a las 125-150 micras (Fig. 1). Dado que la mayor parte de las muestras estudiadas pertenecen a platos o cuencos, espesores similares pueden indicar un sistema de aplicación del esmalte común para todos ellos. En la estructura de los esmaltes aparecen dispersos pequeños cristales de óxido de estaño, causantes del aspecto opaco de los esmaltes y de que se vean de color blanco. En algunos casos se observan también inclusiones de sílice (cuarzo) de un tamaño importante, propias de la materia prima utilizada en la fabricación del esmalte, y otros minerales. Las características de estos dos elementos marcan de nuevo unas diferencias tecnológicas.

Respecto a la aparición de inclusiones en el esmalte, se encuentra un primer conjunto de ellos con una microestructura heterogénea, con muchas inclusiones, algunas de tamaño comparable al espesor del esmalte, y un segundo grupo con esmaltes mucho más homogéneos, prácticamente sin inclusiones (Fig. 1). En el primer grupo están las muestras que componían el grupo A de composición de los esmaltes, casi todos los fragmentos incluidos en este grupo aparecen con muchas inclusiones en su estructura. La presencia en el esmalte de inclusiones como

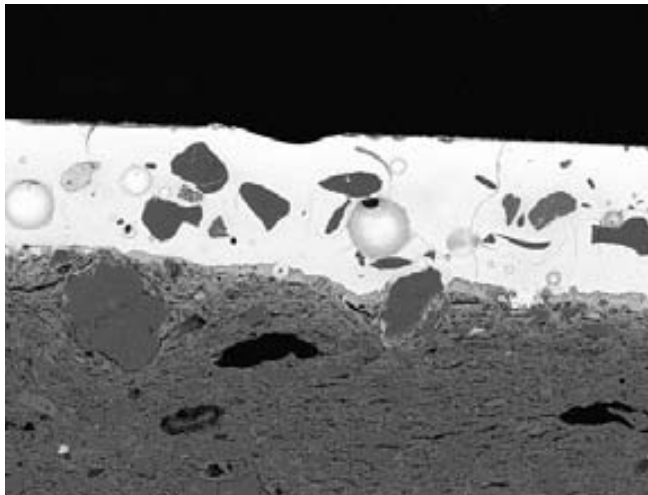


Fig. 1. Imagen SEM (electrones retrodispersados) para un esmalte decorado en verde y morado (grupo de esmaltes heterogéneos, con muchas inclusiones).

el cuarzo es una de las características, junto con la composición, que parece marcar siempre diferencias en la producción de los esmaltes. Así, en el caso de los que proceden de época islámica en Granada, Pechina (Almería) y Zaragoza aparecen también este tipo de inclusiones de gran tamaño, que sin embargo son prácticamente inexistentes en esmaltes de la misma época de Denia y Murcia (Molera, J., 1996; Molera, J. *et alii*, 1999a; Molera, J. *et alii*, 2001; Pérez-Arantegui, J. *et alii*, 1999a; Picon, comunicación personal). La existencia de estas inclusiones está relacionada con las materias primas que se mezclaban para la preparación del esmalte, por ejemplo, quedando sin fundir parte del cuarzo añadido, y con la mayor opacidad que producían en el esmalte, con lo que podían ahorrar estaño en su fabricación.

Además de este grupo, existe un segundo grupo de esmaltes en Teruel con una microestructura muy homogénea, sin inclusiones. Es el formado por las muestras del grupo C y algunas del grupo de composición B. En este caso, cabe destacar la coincidencia total del grupo C con esta microtextura homogénea, los fragmentos pintados en azul. Se puede concluir, de nuevo, que entre ambos grupos hubo un cambio tecnológico con la aparición o desaparición de la adición de cuarzo molido o arena muy blanca junto con la frita de plomo y estaño, posiblemente habría que hablar de desaparición si se atiende al hecho de que la cerámica decorada en azul aparece más tarde, o de dos tendencias si pudieron darse de forma paralela cronológicamente.

Como ya se ha citado anteriormente, en la estructura de todos los esmaltes aparece el óxido de estaño (casiterita), hecho que causa su opacidad a la luz y, por tanto, que aparezcan con un color blanco si en la composición de la masa vítrea no existe ningún otro elemento colorante. En este caso, los cristales de óxido de estaño que recrystalizan en el esmalte cuando se enfría la pieza (Molera, J. *et alii*, 1999b) son, en general, de un tamaño entre 1 y 2 micras (Fig. 2). Este tamaño es bastante más grande que el observado en otros esmaltes islámicos estudiados, procedentes de Córdoba, Denia (Alicante), Murcia y Zaragoza (Molera, J., 1996; Molera, J. *et alii*, 1999a; Molera, J. *et alii*, 2001; Pérez-Arantegui, J. *et alii*, 1997; Pérez-Arantegui, J. *et alii*, 1999a), lo que indica que pudieron alcanzar una temperatura mayor durante la cocción (Molera, J. *et alii*, 2000). Sin embargo, el mayor tamaño de los cristales de óxido de estaño y su agrupación en pequeños conjuntos de cristales, con una distribución en el vidriado menos homogénea, es una característica común con otros esmaltes mudéjares, como por ejemplo los de Paterna (Molera, J., 1996; Molera, J. *et alii*, 1999a).

La presencia de óxido de estaño en los esmaltes mantiene en todos los fragmentos estudiados una distribución muy irregular en el seno del esmalte. Los cristales de casiterita no aparecen distribuidos homogéneamente por todo el esmalte, sino que aparecen agrupados en zonas (Fig. 2). Por ello, los resultados obtenidos en cada muestra para el contenido de estaño presentan coeficientes de variación hasta de más del 50%, encontrándose zonas con valores muy pequeños porque casi no aparecía estaño en ellas y otras con valores mucho más altos. Otra de las características observadas en algunos de los esmaltes estudiados es la presencia, no sólo de pequeños cristales de casiterita, sino también de fragmentos de óxi-

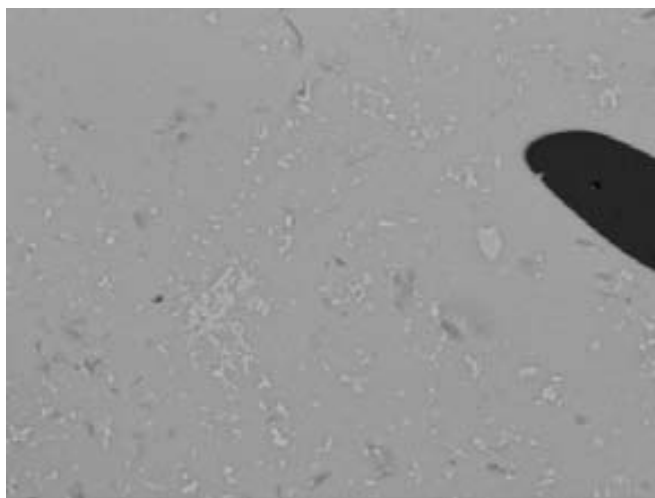


Fig. 2. Imagen SEM (electrones retrodispersados) de un esmalte mostrando la presencia de pequeños cristales de óxido de estaño.

do de estaño más grandes, que por su aspecto (tamaño, forma angulosa, etc.) parecen ser restos de casiterita triturados y que no han llegado a reaccionar.

Todas estas características del óxido de estaño presente en los esmaltes hace que los resultados numéricos de los análisis posean una dispersión tan grande que su valor medio (tabla II) sea muy poco significativo. No obstante, a la vista de los resultados globales, es cierto que puede decirse que se utilizaba una cantidad total de estaño bastante alta. Probablemente incluso esta cantidad fuese mayor que la que poseían otros esmaltes de época islámica, aunque el hecho de que la casiterita esté distribuida de forma mucho más heterogénea hace que el esmalte pierda opacidad en algunos puntos.

EL COLOR DE LAS DECORACIONES

Los elementos colorantes utilizados en la decoración de los esmaltes son el cobre para el verde y el manganeso para el morado (Pérez-Arantegui, J., 2004). Ambos elementos están disueltos en el vidriado en forma iónica, coloreándolo. En las escudillas con trazos verdes la decoración se ha realizado siempre sólo con cobre, a pesar de que algunas veces debido a su mayor espesor tiene una apariencia más oscura, casi negruzca. Sin embargo, en los fragmentos decorados sólo en negro aparecen ambos elementos (manganeso y cobre) como colorantes, la mezcla de los dos daba un tono algo distinto del que hubiese producido sólo el manganeso, o más probablemente podía ser debida a la fuente mineral de la materia prima utilizada para el pigmento negro.

El color azul de la decoración es debido a la presencia de cobalto en muy pequeñas cantidades, generalmente entre 0,5-0,7% CoO, porcentajes muy próximos al límite que puede medirse con la metodología analítica utilizada, elemento también disuelto en forma iónica en el esmalte. No obstante, el cobalto no aparecía solo, sino que estaba siempre acompañado por cantidades mayores de hierro (1-2% FeO). Como ya se ha visto que este elemento no pertenece a la composición básica del esmalte, donde es prácticamente inexistente, su aparición se debe a que acompañase al cobalto en la materia prima, por una asociación entre ambos elementos en el mineral de partida que sirvió para preparar el pigmento azul. Un estudio de los elementos traza que acompañan al cobalto en el pigmento azul ha revelado interesantes diferencias entre las distintas zonas de producción, con elementos como cobre, manganeso y arsénico, característicos de las producciones de Teruel (Resano, M. *et alii*, 2005).

La observación en microscopio estereoscópico de los cortes transversales de los esmaltes también permitió comprobar que la mayor parte del pigmento se situaba en la interfase entre la pasta y el esmalte en las muestras decoradas en azul de Teruel de los siglos XV y XVI. Este hecho también se comprobaba en los análisis del esmalte. Por tanto, podría ser que el pigmento se colocase primero, pintando sobre la pasta, antes que el esmalte y que el cobalto difundiese a través de éste hasta la superficie de la pieza, dando como resultado el tono azul pálido de la decoración en las cerámicas decoradas en azul en Teruel hasta el siglo XVI. Sin embargo, como la cerámica decorada en azul era minoritaria en el muestreo realizado frente a la decorada en verde y/o morado, porque la investigación se centró en los periodos más antiguos de producción de la cerámica esmaltada (de finales siglo XIII al siglo XVI), la confirmación de una posible decoración bajo cubierta en Teruel deberá completarse con el análisis de producciones posteriores.

AGRADECIMIENTOS

La autora desea expresar su agradecimiento a Carmen Escriche y Julián Ortega por su inestimable colaboración en la realización de este proyecto. Este estudio está financiado en parte por el proyecto CTPR4/2003 de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos (Aragón-Cataluña-Midi-Pyrénées-Aquitaine) y por el Gobierno de Aragón. Se agradece también la colaboración en el préstamo de las muestras a los Museos de Teruel y Zaragoza.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVARO ZAMORA, I. (2002) *Cerámica aragonesa*, Zaragoza (3 vols.).
 BERTI, G.; CAPELLI, C. y MANNONI, T. (2002) "Ingobbio/Ingobbi e gli altri rivestimenti nei percorsi delle conoscenze technique medievali", en *Atti del XXXIV Convegno Internazionale della ceramica di Albisola (2001)*, Firenze, pp. 9-16.

- LAPUENTE, P. y PÉREZ-ARANTEGUI, J. (1999) "Characterisation and Technology from Studies of Clay Bodies of Local Islamic Production in Zaragoza (Spain)", *Journal of the European Ceramic Society*, 19, pp. 1835-1846.
- 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.; GARCÍA-VALLÉS, M.; PRADELL, T. y VENDRELL, M. (1996) "Hispano-Moresque productions of the fourteenth-century workshop of the Testar del Molí (Paterna, Spain)", *Archaeometry*, 38, pp. 67-80.
- MOLERA, J.; PRADELL, T.; MERINO, L.; GARCÍA-VALLÉS, M.; GARCÍA-ORELLANA, J.; SALVADÓ, N. y VENDRELL-SAZ, M. (1999a) "La tecnología de la cerámica islámica y mudéjar", *Caesaraugusta*, 73, pp. 15-41.
- MOLERA, J.; PRADELL, T. y VENDRELL-SAZ, M. (1999b) "Evidence of tin oxide recrystallization in opacified lead glazes", *Journal of the American Ceramic Society*, 82, pp. 2871-2875.
- MOLERA, J.; VENDRELL-SAZ, M. y PÉREZ-ARANTEGUI, J. (2001) "Chemical and textural characterization of tin glazes in Islamic ceramics from eastern Spain". *Journal of Archaeological Science*, 28, pp. 331-340.
- ORTEGA, J. (2002) *Operis Terre Turolii. La cerámica bajomedieval en Teruel*, Teruel.
- PÉREZ-ARANTEGUI, J. (1997) "Les glaçures et les premiers émaux sur la céramique islamique en al-Andalus (Espagne)", *TECHNE*, 6, pp. 21-24.
- PÉREZ-ARANTEGUI, J. (2002) "Características tecnológicas de los esmaltes en la cerámica de Teruel: los primeros esmaltes", en *Operis Terre Turolii. La cerámica bajomedieval en Teruel*, Teruel, pp. 207-210.
- PÉREZ-ARANTEGUI, J. (2004) "La palette des couleurs de la céramique glaçurée produite en Aragon (Espagne) pendant la Renaissance: les cas de Teruel et Muel", *TECHNE*, 20, pp. 77-82.
- PÉREZ-ARANTEGUI, J.; LARREA, A.; MOLERA, J.; PRADELL, T. y VENDRELL-SAZ, M. (2004) "Some aspects of the characterisation of decorations on ceramic glazes", *Applied Physics A*, 79, pp. 235-239.
- PÉREZ-ARANTEGUI, J.; ORTEGA, J. y ESCRICHE, C. (2007) "La tecnología de la cerámica mudéjar entre los siglos XIV y XVI: las producciones esmaltadas de las zonas de Teruel y Zaragoza", en *Actas del VI Congreso Ibérico de Arqueometría* (Girona, 2005), pp. 89-96.
- PÉREZ-ARANTEGUI, J.; ORTEGA, J. y ESCRICHE, C. (2009) "The Hispano-Moresque tin-glazed ceramics produced in Terruel, Spain: A technology between two historical periods, 13th-16th c. AD", en A. J. Shortland, I. C. Freestone, Th. Rehren (eds.), *From Mine to Microscope-Advances in the study of ancient technology*, Oxford, pp. 61-67.
- PÉREZ-ARANTEGUI, J.; RUIZ, E. y CASTILLO, J. R. (1999a) "La cerámica 'verde y negro' de los talleres islámicos de Zaragoza: características tecnológicas de sus recubrimientos", *Caesaraugusta*, 73, pp. 43-47.
- PÉREZ-ARANTEGUI, J.; SOTO, M. y CASTILLO, J. R. (1999b) "Examination of the 'Cuerda Seca' Decoration Technique on Islamic Ceramics from al-Andalus (Spain)", *Journal of Archaeological Science*, 26, 935-941.

RESANO, M.; PÉREZ-ARANTEGUI, J.; GARCÍA-RUIZ, E. y VANHAECKE, F. (2005) "Laser ablation-inductively coupled plasma mass spectrometry for the fast and direct characterization of antique glazed ceramics", *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 20, pp. 508-514.

NOTA:

VIDRIADO: Material en estado amorfo, formado a base de sílice y fundente (plomo, potasio, sodio, etc.), similar al vidrio, que recubre la pasta cerámica, generalmente transparente.

ESMALTE: Vidriado cerámico opacificado por la presencia de pequeñas partículas de óxido de estaño.