

ANÁLISIS MEDIANTE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM-EDX) DE LA BASE DE CERÁMICA VIDRIADA DE UN MOLDE PARA SOPLAR VIDRIO PROCEDENTE DE "AUGUSTOBRIGA" (TALAVERA LA VIEJA, CÁCERES)

ISIDRO MARTÍNEZ MIRA
Universidad de Alicante

Resumen. La finalidad de este trabajo es el estudio de los resultados de los análisis efectuados, mediante microscopía electrónica de barrido (SEM-EDX), a una base de cerámica vidriada de un molde para soplar vidrio hallado en la ciudad romana de Augustobriga (Talavera la Vieja, Cáceres)

Palabras clave: cerámica vidriada romana, microscopía electrónica de barrido (SEM-EDX), molde fabricación vidrio, augustobriga

Abstract. The aim of this paper is to analyze a Roman glazed ceramic base of a mold for glass casting with a Scanning Electron Microscopy (SEM-EDX). This mold was found in the Roman city of Augustobriga (Talavera La Vieja, Cáceres).

Key Words: roman ceramic glaze, scanning electron microscopy (SEM-EDX), glass making mould, Augustobriga

INTRODUCCIÓN

Bajo la denominación de cerámica vidriada romana se hace referencia a una variada gama de productos cerámicos romanos cuya característica común es la de presentar un revestimiento vidriado. La finalidad de este revestimiento es múltiple:

- Confiere color y brillantez a la cerámica.
- Sirve de aglutinante para la cerámica.
- Le dota de una capa protectora (impermeabiliza totalmente a la cerámica).
- La cerámica presenta una superficie lisa al tacto (esconde todas las irregularidades superficiales).

Es una cerámica todavía poco conocida debido a su débil presencia en las excavaciones, sus índices de hallazgos varían desde los 66 fragmentos de un total de 20.000 fragmentos de cerámica hallados en las termas del Nuotatore de Ostia (Martin, 1992, 324), los 91 fragmentos, pertenecientes a 33 vasos, sobre 100.000 fragmentos de cerámica hallados en las excavaciones de la Rue des Farges en Lyon (Desbat, 1986, 109) o, simplemente, no se halla.

Este tipo de cerámica vidriada con plomo hace su aparición, a mediados del segundo milenio a.C., en el Medio Oriente. Donde conoce un largo desarrollo en época helenística, sobre todo con las producciones de Esmirna. En el siglo I a.C. destacan las producciones de Tarso, que se difundirán hacia la parte occidental de la cuenca mediterránea en la segunda mitad de dicho siglo. En este mismo período también existe un centro productor de este tipo de cerámica en Alejandría pero su área de influencia y distribución parece muy restringido (Dubois, 2006).

La llegada de los productos de Tarso a la Península Italiana hace que se creen talleres locales, sobre todo en su zona Norte, y siguiendo el mismo esquema se crearan nuevos talleres locales en la Galia (Vienne, Saint-Roman-en Gal y Lyon: Desbat, 1987, 105-123). Estas primeras producciones galas parecen ser obra de artesanos procedentes de los centros de producción local itálicos según la onomástica que aparece en la propia cerámica: Chrysippus, Hilarus, Philarcurus, Philocrates, etc. (Dubois, 2006).

En época de Tiberio se abandona el taller de Lyon, pero la producción se traslada a la Galia central. El comienzo de sus producciones se data hacia el 20 d.C. teniendo su mayor auge en época claudia y alcanzando, su fase de expansión, hasta la época flavia. En esta zona, se han llegado a contabilizar hasta 11 talleres locales con una producción muy diversificada pero esencialmente ligada al servicio de mesa para beber: copas, khantaroí, skyphoi, botellas, etc. aunque también se aplica sobre otros elementos como lucernas, estatuillas, etc.

El mismo esquema de implantación seguido primero en Italia y después en la Galia, a partir de las importaciones comerciales de este tipo de cerámica, hace que se cree un taller local en Britania, en Staines (Londres), con producción desde época flavia hasta la época hadrianea (Dubois, 2006).

Por lo que respecta a la Península Italiana, existe un taller local situado, en base a estudios petrográficos de los cuerpos cerámicos, en la zona del Lazio/Campania (Picon, Desbat, 1986), pero que Martín (1992), en base a los estudios de los hallazgos de las Termas del Nuotatore en Ostia sitúa en el Valle del Tevere o alrededores de Roma. Este taller tiene una distribución sorprendentemente alta para este tipo de cerámica, llegando desde Hungría hasta Inglaterra, pero concentrándose sus hallazgos especialmente en Italia y la Península Ibérica. Desbat (1986, 109) y Martín (1992, 329) señalan algunos lugares en donde se ha hallado su producción: Sarsina, Ostia, Italia del Norte, Valle del Ródano, Africa del Norte, Inglaterra, Liguria, Villa de Settefinestre y en la Península Ibérica se halla en Cataluña, Islas Baleares, Conimbriga, etc.

La datación propuesta para la producción de este taller va desde época flavia hasta el s. II d.C. (Martín, 1992), Desbat y Picón (1986) la llevan hasta el s. III d.C. y su repertorio tipológico es muy variado. Referenciándose, no solamente a recipientes para beber vino, sino también al servicio de mesa: platos, cuencos moldeados, etc. Lucernas y estatuillas son otros productos de este taller.

Por último, debemos señalar que se han realizado algunos intentos de repertorios de clasificación tipológica pero centrados en los lugares de hallazgo, así Greene (1979) recoge 18 formas para Inglaterra, Vertet (1986) establece 43 tipos diferentes para la Galia Central y para la Península Ibérica López Mullor (1981) recoge 13 formas diferentes. Con el aumento de los hallazgos de nuevos materiales y la localización de nuevos talleres locales, las formas que están sin inventariar siguen aumentando.

LA CERÁMICA VIDRIADA ROMANA EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

La aparición de este tipo de cerámica en la Península Ibérica parece remontarse al S. I a.C. (Ribas Bertrán, 1965). Su hallazgo en las excavaciones no es muy frecuente y, cuando se encuentra siempre son unos pocos fragmentos, no son frecuentes los hallazgos numerosos como el de la villa de Tolegassos, en Gerona (Casas i Genover *et al.*, 1993).

Pese a todo, el avance de las investigaciones va llenando poco a poco casi toda la geografía peninsular, En este momento se han documentado hallazgos de este tipo de cerámicas en¹:

- La costa mediterránea, en áreas como la costa catalana: Ampurias, Villa dels Tolegassos (Gerona), Mataró, Llafranc, Arenys de Mar, Tiana, Rubí, Centelles, Badalona y Barcelona.
- Las Islas Baleares: Pollentia (Mallorca) y Trepuçó (Menorca).
- Más al sur se hallan en La Alcudia (Elche), San Lucar de Barrameda (Cádiz), Cerro de los Infantes (Granada), Cástulo, Carmona.
- Los hallazgos continúan por la costa portuguesa: Troia (Setubal), Lobeira Grande (Beja); Farrobo (Aljustrel), Paredes (Alenquer) y Conimbriga.
- En el interior tenemos hallazgos a lo largo de los valles del Ebro y del Jalón que conectan la costa mediterránea con el interior peninsular llegando hasta Numancia, Palencia, Herrera del Pisuerga y Lancia (León).

La mayoría de cerámicas vidriadas halladas en la Península parecen importadas bien desde la Galia o bien desde la Península Itálica. Así Pérez Arantegui *et al.* (1999) analizan 68 cuerpos cerámicos de cerámicas vidriadas halladas en Celsa, Caesaraugusta y zonas circundantes y establecen las siguientes procedencias:

- Los de bajo contenido en CaO procederían de la Galia Central.
- Los de alto contenido en CaO procederían de la Península Italiana.

Sin embargo, los hallazgos de Carmona y un vaso de Palencia, fechados en la segunda mitad del siglo I d.C., hacen conjeturar a López Mullor (1981, 204) y Ribas Bertrán (1965) la

1. La bibliografía sobre los hallazgos se puede consultar en: Alarçao (1976, 39-42); Beltrán Llorís (1978, 156); Casas i Genover, Merino i Serra (1990, 139-155); López Mullor (1981, 203-204); Pérez Arantegui *et al.* (1996, 906); Ribas Bertrán (1956, 155-173).

existencia de un taller local situado en la Bética, responsable de una producción de cerámicas de paredes finas barnizadas, cuyas formas y decoraciones se hallan reproducidas en los productos vidriados. Aunque señala que su expansión sería escasísima. Actualmente, todavía no se ha podido localizar dicho taller.

Por contra, si se ha localizado el primer taller local de este tipo de cerámica en la Península, el taller estaría situado en la villa de Tolegassos (Gerona) o en sus inmediaciones, datándose su producción en el siglo II d.C., (Casas i Genover *et al.*, 1993). Sus producciones parecen ceñirse a un área restringida cercana al taller.

En cuanto a la tipología, de las formas más habituales halladas en la Península, López Mullor (1981) estableció 13 tipos diferentes: Vasos panzudos de cuerpo generalmente ovoide, Skyphoi, Khantaroí, tazas agallonadas, copas de pie alto, cubiletes de aspecto cilíndrico, vasos troncocónicos, vasos carenados, vasitos globulares, cuencos esféricos, cubiletes de borde alto y jarritas con boca trilobulada. Como vemos, su finalidad es la de contener líquidos, generalmente vino. Sin embargo, los nuevos descubrimientos, como los realizados en la Villa de Tolegassos (Casas i Genover *et al.*, 1993) incorporan nuevas formas dedicadas al servicio de mesa (diferentes tipos de platos) a este repertorio lo

que elevaría el número de formas presentes en la Península.

EL MOLDE CERÁMICO VIDRIADO

La pieza analizada fue hallada en la ciudad romana de Augustobriga (Talavera la Vieja, Peraleda de la Mata, Cáceres) ciudad que actualmente se halla bajo las aguas del embalse de Valdecañas (Alvarado *et al.*, 2001; Aguilar Tablada, 1997, 38-47; Aguilar Tablada, Sánchez de Prado, 2006).

Su funcionalidad como base de un molde cerámico para soplar vidrio ha sido identificada por Sánchez de Prado (2006, 503-504). Se trata de una pieza de forma rectangular que en origen tendría unas dimensiones ca. 6 cm de largo por 5 cm de ancho. Actualmente, la pieza se encuentra fracturada y sólo se conserva un fragmento de 4 x 4,3 cm con un grosor de 1,8 cm.

En su cara superior presenta una decoración en negativo a base de tres círculos concéntricos, de anchura desigual, que rodean a un círculo central, separados unos de otros por unas leves hendiduras. El vidriado parece que ocupaba toda la cara superior aunque, actualmente, sólo se conserva en algunas zonas, dejando al descubierto dos tipos de superficie con diferente coloración: roja correspondiente a la cerámica y



Figura 1: Molde de cerámica vidriada

otra más grisácea que bien pudiera ser restos de la interfase entre el vidriado y el cuerpo cerámico. En la cara inferior la pasta cerámica presenta coloraciones grises y rojas².

TÉCNICA EXPERIMENTAL

Las series de análisis químicos publicadas de este tipo de cerámicas romanas se pueden agrupar según la zona analizada:

- análisis del vidriado exclusivamente: Caley (1947), Hochuli (1977).
- análisis del cuerpo cerámico exclusivamente: Picon y Desbat (1986), Pérez Arantegui *et al.* (1995 y 1996)
- análisis tanto del cuerpo cerámico como del vidriado: Hatcher (1994) y De Benedetto *et al.* (2004).
- análisis de la interfase formada entre el vidriado y el cuerpo cerámico De Benedetto *et al.* (2004); Molera *et al.* (2001), Ben Amara *et al.* (2006).

A la hora de realizar los citados análisis varias han sido las técnicas empleadas: Hatcher *et al.* (1994) combinan la absorción atómica (AAS) con la fluorescencia de Rayos X (XRF), Picon y Desbat (1986) utilizan sólo la fluorescencia de rayos X para analizar los cuerpos cerámicos, Pérez Arantegui *et al.* (1995 y 1996) analizan los cuerpos cerámicos mediante espectrometría de emisión atómica acoplada a plasma inducido (ICP-AES). De Benedetto *et al.* (2004) y Pérez Arantegui *et al.* (1999) utilizan la microscopía electrónica de barrido (SEM-EDS). En algunas de las técnicas anteriores, para poder realizar los análisis, deben extraerse porciones más o menos pequeñas de las cerámicas a analizar, es decir, estamos ante técnicas de análisis en cierta manera destructivas. En nuestro caso, se eligió la microscopía electrónica de barrido (SEM-EDX), por la necesidad de realizar un análisis no destructivo de la pieza, aunque sus dimensiones dificultaron y condicionaron esta realización.

Los análisis fueron llevados a cabo por D. Andrés Amorós de la Unidad de Microscopía Electrónica de los Servicios Técnicos de Investigación de la Universidad de Alicante, mediante un Microscopio Electrónico de Barrido equipado con un analizador de energía dispersiva de rayos X acoplado al microscopio (SEM-EDX). El microscopio utilizado fue un HITACHI S-3000N

equipado con un detector de electrones secundarios tipo centelleador-fotomultiplicador con resolución de 3,5 nm, un detector de electrones retrodispersados tipo semiconductor con resolución de 5 nm y un detector de rayos X capaz de detectar elementos químicos de número atómico comprendido entre los del C y el U. El microscopio está equipado también con un software de análisis EDWIN de la marca RÖNTEC. La energía del haz de electrones utilizada fue de 20 kV y se tomaron imágenes de las distintas partes analizadas a diferentes aumentos.

La microscopía electrónica de barrido presenta la ventaja, frente a las demás técnicas, de poder observar el sector que se está analizando, así como la posibilidad de obtener imágenes de dicha zona. Por el contrario, no es una buena técnica si queremos detectar trazas de algunos elementos. En cuanto a la fiabilidad de los resultados debemos decir que al error imputable a la técnica se une el que se analice una zona muy puntual, por lo que se necesitan realizar varios análisis de la misma zona para tener una visión más real de los datos obtenidos. Pero, por otra parte, la distribución tan heterogénea de los compuestos químicos que se da en el vidriado y, sobre todo, en el cuerpo cerámico hace que los resultados obtenidos tanto con las técnicas que utilizan en el análisis una pequeña porción de la muestra como con la microscopía electrónica de barrido deban considerarse meros resultados orientativos y no como resultados absolutos, máxime cuando durante el proceso de formación de la cerámica vidriada se producen cambios en las composiciones iniciales tanto en el vidriado como en determinadas partes del cuerpo cerámico en función de diferentes variables como la temperatura, el tiempo de cocción o el tipo de enfriamiento a que es sometida la pieza, por lo que el resultado final de las composiciones químicas difiere de las condiciones de partida del mismo material.

Para completar el estudio de la pieza hubiera sido muy interesante haber podido realizar un estudio de la zona de contacto entre el vidriado y el cuerpo cerámico así como un estudio petrográfico mediante lámina delgada del cuerpo cerámico, pero la premisa de realizar análisis no destructivos de la pieza lo han impedido.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se realizaron un total de nueve análisis diferentes abarcando tanto el vidriado como el cuerpo cerámico.

2. Para las circunstancias del hallazgo, así como su descripción *vid:* Aguilar Tablada, Sánchez de Prado, 2006.

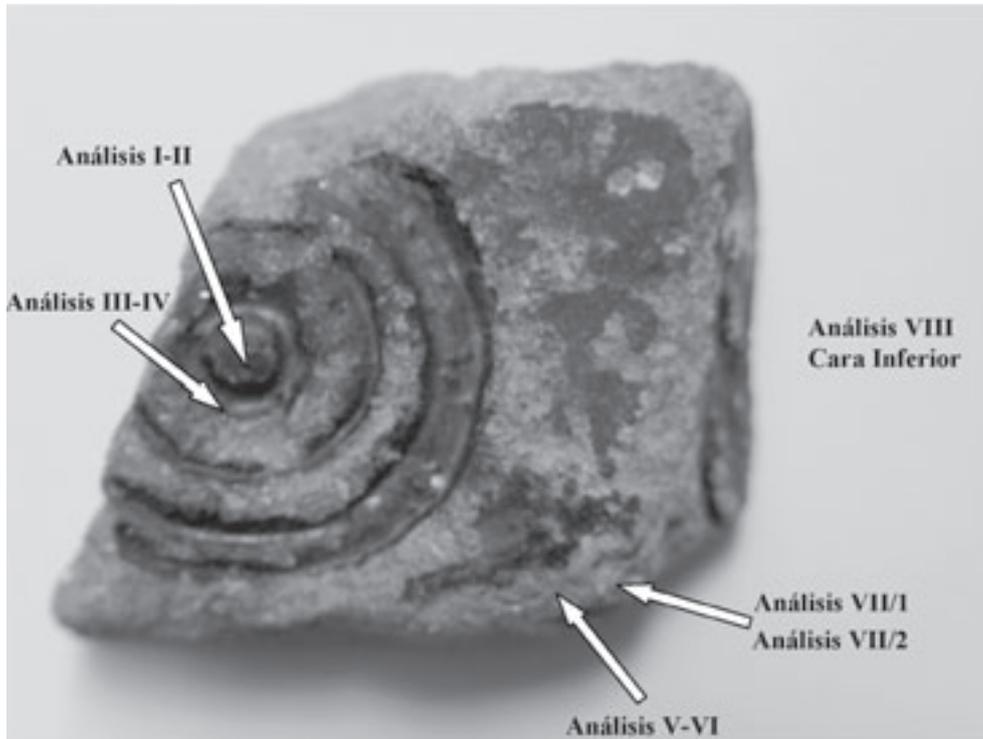


Figura 2: Zonas del molde analizadas.

A. Zona vidriada

Se eligió el círculo central de la decoración de la cara superior del molde para analizar la capa de vidriado debido a que es en esta zona donde mejor se conserva, realizándose dos análisis (Análisis I y II). Los resultados obtenidos han sido transformados en óxidos, normalizando al 100% su porcentaje en peso con la finalidad de poder ser contrastados con otros análisis ya publicados. En cualquier caso y como ya hemos señalado los resultados obtenidos deben contemplarse sólo como valores aproximados.

En el occidente romano, los primeros vidriados eran transparentes con un alto contenido de plomo (transparent high lead type), siendo

su composición tipo en peso (Tite et al., 1998, 242):

- PbO: 45-60%
- Al₂O₃: 2-7 %
- Na₂O-K₂O: <2%

Por tanto, la composición del molde presenta un ligero aumento en la cantidad de plomo con respecto a esta composición tipo, estando los demás componentes dentro de sus límites. Sin embargo, su composición también está muy cercana a la del eutéctico: 66,5% de PbO; 27,5% de SiO₂ y 6,0% de Al₂O₃ (De Benedetto, 2004, 620), aunque su porcentaje de PbO sigue siendo ligeramente superior y son claramente inferiores tanto el porcentaje de SiO₂ como el de Al₂O₃, por lo que el vidriado debe presentar una menor viscosidad que favorecerá la formación de la capa de vidriado. Dada la composición del vidriado, que reflejan los análisis, podemos suponer que se comportase de una manera muy similar a un sistema binario PbO-SiO₂, así pues, si observamos su Diagrama de Fases podemos conocer de manera aproximada el proceso seguido hasta alcanzar la temperatura a la que se fundió la mezcla del vidriado:

Según el Diagrama de Fases, la temperatura de fusión del vidriado estaría en torno a los 765-770°C, habiéndose producido los siguientes cambios en los componentes de la mezcla:

Óxido	Análisis I	Análisis II	Valor medio
PbO	67,30 %	67,55 %	67,43 %
SiO ₂	21,04 %	22,02 %	21,53 %
Fe ₂ O ₃	4,83 %	3,80 %	4,32 %
Al ₂ O ₃	3,40 %	3,34 %	3,37 %
CaO	1,72 %	0,76 %	1,24 %
CuO	1,29 %	1,87 %	1,58 %
Na ₂ O	0,55 %	0,71 %	0,63 %

Tabla 1: Resultados del análisis del vidriado expresados como porcentaje en peso de los óxidos presentes.

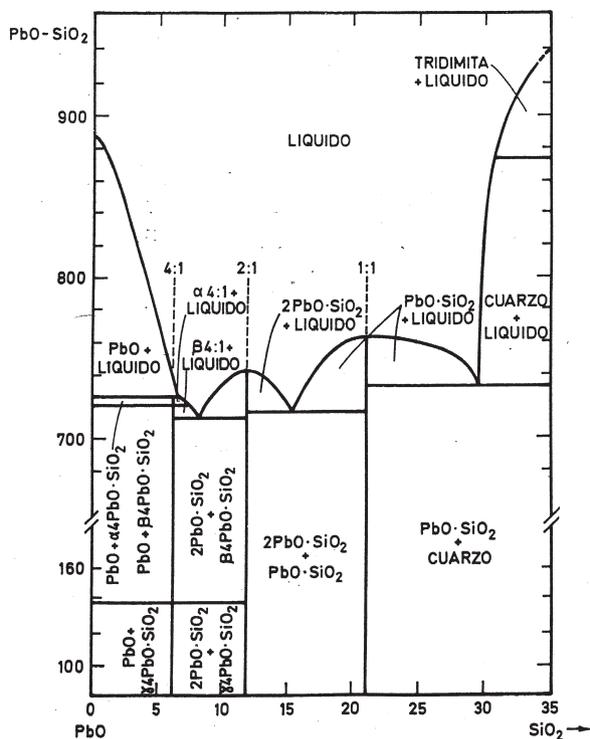


Figura 3: Diagrama de Fases del Sistema binario PbO-SiO₂ (Fernández Navarro, 1991, 164, Fig. 81).

Temperatura en [°C]	Transformación
573	Inversión α-β del cuarzo
<600	Formación del PbO·SiO ₂
714	Fusión del eutéctico 2PbO·SiO ₂ -4PbO·SiO ₂
716	Fusión del eutéctico PbO·SiO ₂ -2PbO·SiO ₂
725	Fusión del eutéctico 4PbO·SiO ₂ -PbO·SiO ₂
725	Punto de fusión incongruente del 4PbO·SiO ₂
732	Fusión del eutéctico PbO·SiO ₂ -SiO ₂
743	Punto de fusión congruente del 2PbO·SiO ₂
764	Punto de fusión congruente del PbO·SiO ₂

Tabla 2: Transformaciones térmicas producidas en el sistema PbO-SiO₂ (Fernández Navarro, 1991, 165, Tabla 28).

Por lo que respecta a las funciones que ejercen, dentro del vidriado, los óxidos detectados, éstas, serían las siguientes:

- El SiO₂ actúa como vitrificante, y su procedencia más habitual es a partir del cuarzo, cuarcitas y arenas de cuarzo. En muchas ocasiones lleva impurezas de Alúmina, de Hierro, Sodio, etc. Dependiendo de su composición en impurezas aparecerán más o menos cantidades de estas en los análisis del vidriado final.

- El Na₂O favorece la formación del vidrio rebajando su temperatura de fusión, se clasifica

como fundente. Dado su porcentaje, muy posiblemente estaría contenida, como impureza, en la arena de cuarzo utilizada

- El CaO actúa como estabilizante aumentando la estabilidad química y mecánica del vidriado. Puede proceder de la caliza natural en forma de Carbonato Cálcico y también puede ir acompañado de Sílice, Alúmina y Óxido de Hierro.

- El Al₂O₃ es un estabilizante, que le confiere al vidriado un aumento de la resistencia mecánica, una mejora de su estabilidad química, una disminución de su coeficiente de dilatación térmica, un aumento de la viscosidad del vidriado y una ampliación de su intervalo térmico de trabajo. La Alúmina le confiere también un cierto carácter refractario, así a los vidrios que deben estar sometidos a altas temperaturas durante su uso se les añade más de un 3% de este óxido. Su procedencia es muy variada, además de aparecer como impureza en muchos compuestos puede ser aportado por Feldespatos como la Anortita (CaO·Al₂O₃·2 SiO₂) que funde a temperaturas relativamente bajas, por Hidróxido de Aluminio que lleva una elevada proporción de Hierro o por Caolines que también presentan un elevado contenido en Hierro.

- El PbO funde con facilidad y puede ser moldeado dentro de un amplio intervalo térmico. Rebaja mucho la temperatura de formación del vidrio pero tiene el problema de que genera gases venenosos durante su tratamiento. Su fuente principal era la Galena, que conlleva también diferentes impurezas que se pueden hacer desaparecer o minimizar mediante su procesado previo por tostación y reducción. Los vidrios de plomo deben fundirse en una atmósfera fuertemente oxidante para evitar la reducción de este óxido a metal elemental.

- El CuO existe en la naturaleza bajo la forma del mineral Tenorita y también de Malaquita, es el responsable del color verdoso que tiene el vidriado al reaccionar con el PbO. Hatcher et al. (1994, 443) constatan que un contenido superior al 1% en peso de CuO, invariablemente le dota de un color verde intenso al vidriado. Para Caley (1947, 392) los vidriados tenían limitados sus colores al amarillo y al verde dependiendo de las impurezas de la arena utilizada (Na, Ca, Fe, etc) y de la adición de Cu.

- El Fe₂O₃ es un compuesto no deseado que aparece como impureza en muchos de los compuestos antes mencionados, sobre todo en las arenas o arcillas empleadas siendo uno de los elementos que sirven para caracterizarlas, como mineral aparece en la naturaleza bajo la

forma de Hematita, su porcentaje, en el análisis, parece muy elevado.

La preparación del vidriado se puede realizar de tres maneras diferentes (Tite et al., 1998, 248-249):

- Realizando una suspensión en agua con el compuesto que contiene al Pb (galena, litargirio, plomo rojo o plomo blanco) directamente.

- Se realiza una suspensión del compuesto de plomo con sílice, en forma de arena cuarzo o una arcilla silícea.

- Se cuece el compuesto de plomo junto con la sílice produciéndose lo que se denomina “una frita” que se pulveriza a continuación para preparar la suspensión.

Con cualquiera de los tres métodos anteriormente descritos se puede añadir arcilla, almidón, etc. para mantener en suspensión las partículas de Pb y Si, dar plasticidad a la suspensión y mejorar la unión entre el polvo del vidriado y el cuerpo cerámico.

En el caso del molde, y en base a los datos del análisis, creemos que la segunda opción es la utilizada, esta opción se vería reforzada por el procedimiento seguido por los antiguos alfareros de Ahigal (Cáceres), muy cercanos geográficamente a Talavera La Vieja, que utilizaban en sus vidriados galena en terrones que era machacada (en un mortero si era poca la cantidad a utilizar y en un molino si la cantidad era mayor) con el fin de darle el tamaño de grano adecuado, utilizando la siguiente composición (Domínguez Moreno, 1988):

- 4 partes de mineral (sulfuro de plomo molido)
- 1 parte de sílice o arcilla
- 1 parte de harina de trigo más agua (para lograr la adecuada densidad de la mezcla).

Por lo que respecta al alto contenido de hierro que aparece en los análisis pensamos que sería una característica de la arena de cuarzo o la arcilla utilizada. Al respecto, Hatcher *et al.* (1994, 443-444) creen que los talleres romanos distribuidos por las diversas provincias del Imperio trabajaban con una receta standard para realizar el vidriado, con alguna pequeña variación menor regional y que las diferencias que se observan en los análisis se deberían a la composición de los minerales utilizados que variarían según el lugar de donde se extrajesen, siendo estos los responsables de introducir cantidades variables de impurezas de hierro, cobre, zinc, etc. en la composición del vidriado.

Por su parte, Caley (1947, 392) propone una fórmula hipotética de la antigua composición utilizada para el vidriado verde, que podría ser la receta standard de Hatcher *et al.*:

- Litargirio: 20 partes en peso, lo que proporcionaría una proporción en peso del 64,5% de PbO.

- Arena silícea impura: 10 partes en peso, su proporción sería del 32,3 % de SiO₂.

- Óxido negro de cobre: 1 parte en peso, representa una proporción del 3,2 %.

La aplicación de la suspensión del vidriado se puede realizar de diferentes maneras sobre el cuerpo cerámico (Tite *et al.*, 1998, 248): bien sumergiéndolo en la suspensión del vidriado, bien derramando la suspensión sobre el cuerpo cerámico o bien pintando el cuerpo cerámico con un pincel. En el caso del molde, parece que este último procedimiento sería el elegido, puesto que permite una mayor precisión a la hora de distribuir la suspensión sobre la superficie del cuerpo cerámico, no olvidemos, que en el molde, el vidriado sólo aparece en las partes planas, pero no en las zonas rehundidas que las circundan, como se puede apreciar en la Figura nº 4 perteneciente al fondo de la zona rehundida que rodea al círculo central (zona donde se realiza el análisis III). En ella se aprecian los bordes del vidriado que aparecen tanto a la izquierda como a la derecha de la imagen y vemos como el vidriado no invade ni las paredes ni el fondo de esta zona rehundida.

La aplicación del vidriado se considera que se ha realizado con éxito si se ha distribuido uniformemente sobre toda la superficie a cubrir y si no existen discontinuidades en su superficie tales como roturas, fisuras o escamaciones. Así los principales defectos que pueden aparecer son (Tite *et al.*, 1998, 246):

- “crawling”: Son roturas o pérdida del vidriado (descascarillado)



Figura 4: Fondo de la zona rehundida que rodea al círculo central vidriado de la cara superior del molde (x35, zona del análisis III).

- “crazing”: Se producen fisuras en la superficie del vidriado debido a que durante su enfriamiento la contracción del vidrio es superior a la del cuerpo cerámico.
- “shivering”: Es el fenómeno opuesto al anterior. Durante el enfriamiento la contracción del cuerpo cerámico es superior a la del vidriado.
- “shattering”: Se produce cuando las diferencias en la contracción son tan extremas entre el vidriado y el cuerpo cerámico que como resultado se produce la rotura de éste último.

El examen de la superficie del vidriado en el círculo central del molde, zona donde se realizaron los análisis I y II, a 50 aumentos, nos revela una red de microfisuras y algunas discontinuidades (Fig. 5). Como razonaremos más adelante, creemos que estas fisuras no son el producto de un vidriado con problemas de cuarteamiento (crazing), sino que están producidas por la humedad a la que ha estado sometida la pieza que provoca que el cuerpo cerámico absorba agua y se expanda, generando tensiones en el vidriado, llegando a resquebrajarlo. Las zonas que a simple vista tienen pérdida de vidriado parece que, más bien, se producen debido a una acción mecánica más que por la acción de una mala adherencia a la pasta cerámica que daría como resultado un descascarillado (crawling).

Si ampliamos la misma zona a 1500 aumentos (Fig. 6) podemos observar las burbujas que se producen durante la formación del vidrio. Cuando se produce la cocción de una cerámica vidriada su primer objetivo es dotar a la superficie del cuerpo cerámico de una capa de vidriado uniforme, sin embargo las reacciones que tienen lugar tanto entre los componentes del vidriado como entre los componentes de éste y los del cuerpo cerámico generan una serie de gases

que son expulsados al exterior para lo cual deben atravesar la capa del vidriado, la presión a la que someten a esta capa hace que se generen unas burbujas y que al aumentar dicha presión en su parte interna estallen liberando los gases en ellas contenidos. Cuando estalla una burbuja genera un agujerito que debe ser inmediatamente rellenado, si esto no se produce entonces la superficie del vidriado aparecerá lleno de agujeritos y por tanto no se habrá conseguido totalmente este primer objetivo. El vidriado típico se realiza a una temperatura comprendida entre 900 y 1000°C. Esta temperatura debe ser controlada de forma que de tiempo a que se pueda producir el proceso de expulsión hacia el exterior de los gases procedentes de las reacciones químicas a través de las burbujas y que éstas a su vez se rellenen para no dejar discontinuidades en la superficie del vidriado, y, al mismo tiempo, que la viscosidad del vidriado debe ser tal que evite que este se desparrame por todo el cuerpo cerámico. En el caso del molde parece que ambas cuestiones se consiguieron satisfactoriamente, pues, como hemos visto anteriormente, el vidriado se ciñe a la zona en donde debe estar sin invadir otras zonas y la superficie de las burbujas parece más o menos homogénea, sin presentar discontinuidades, aunque si presenta algunos puntos, en su parte derecha, que bien pudieran ser los testimonios de la salida de los gases de reacción a través del vidriado.

Con el fin de poder comparar los resultados obtenidos en el análisis del vidriado del molde hemos confeccionado una tabla en la que se incluyen diferentes análisis de vidriados seleccionados en función de un contenido en peso de PbO similar al analizado, siendo conscientes de que la cantidad de plomo presente en el vi-

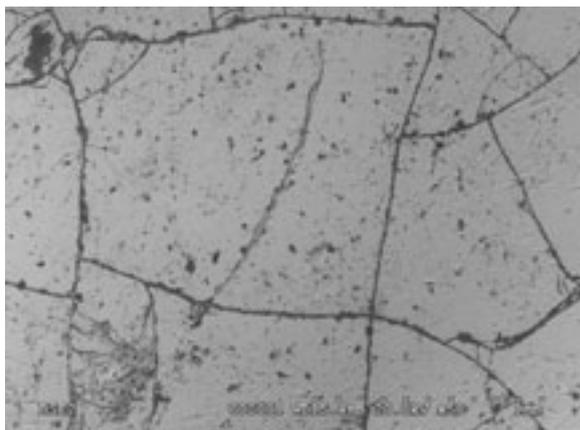


Figura 5: Superficie vidriada del círculo central (x50, zona del análisis I).

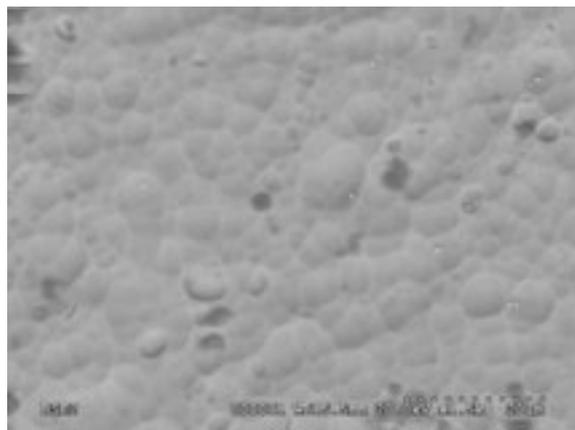


Figura 6: Superficie vidriada del círculo central (x1500, zona del análisis II).

	PbO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	CuO	Na ₂ O	MgO	K ₂ O	TiO ₂	ZnO
Molde	67,43	21,53	3,37	4,32	1,24	1,58	0,63				
V-83	68,3	20,4	2,11	2,38	3,37	2,83					
CI4	68,51	18,6	5,77	1,11	1,16	0,94	2,14	0,55	0,91	0,32	
CI5	68,12	18,84	5,75	1,33	0,85	1,43	2,30	0,23	1,04	0,11	
Tarsus	64,4	29,70		0,80	1,00	3,20	0,90				
RG52	67,00			2,70	3,10				<2,00		0,10
RG65	67,00			2,70	5,30				6,00	0,50	
RG73	67,00			1,40	4,30				<2,00	0,50	
RG82	67,00			1,50	2,70				9,00	0,40	
RG90	67,00			1,40	3,20				6,00	0,10	0,10

V-83: Pérez Arantegui et al. (1999, p. 222, Tabla 1)

CI4 y CI5: (Canosa, Puglia, Italia) De Benedetto et al. (2004, p. 619, Tabla 1)

Tarso: Caley (1947, p. 391)

RG52: Esmirna; RG65: Colchester; RG73: Colchester; RG82: Colchester; RG90: Colchester. Hatcher *et al.* (1994, p.455-456, Appendix B)

Tabla 3: Comparación de diferentes análisis del vidriado de cerámicas romanas con similar contenido en peso de PbO.

	PbO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	CuO	Na ₂ O	SnO ₂	K ₂ O	TiO ₂	ZnO
Molde	67,43	21,53	3,37	4,32	1,24	1,58	0,63				
RG8	53,00			4,70	3,50				<2,00	0,10	
RG11	64,00			3,70	4,20				7,00	0,50	
RG16	61,00			3,80	2,00			0,20	<2,00	0,10	0,10
RG18b	54,00			4,80	3,80			0,40	2,00	0,30	0,10
RG28	49,00			3,70	2,50			0,40	<2,00	0,10	
RG39	61,00			3,80	5,60			0,50	<2,00		

RG8: Licia; RG11: Paphos, Chipre; RG16: Esmirna; RG18b: Esmirna; RG28: Tarso y RG39: Tarso. Hatcher *et al.* (1994, p.455-456, Appendix B)

Tabla 4: Comparación de diferentes análisis del vidriado de cerámicas romanas con similar contenido en peso de Fe₂O₃.

vidriado final depende de varios factores que no actúan igual en cada una de las piezas analizadas. A la cantidad de plomo final que reflejan los análisis de todas las piezas se le deberían añadir el plomo difundido hacia la interfase y el cuerpo cerámico y la pérdida por volatilización de este metal durante el calentamiento, aunque Molera *et al.* (2001) han observado experimentalmente que esta pérdida no es significativa por lo menos hasta una temperatura de 950°C, citando a Singer y Singer (1971, 633, tabla 128) en un

0,40% de pérdida de peso después de 1 hora a 1000°C en la fórmula: PbO 69,00%; SiO₂ 27,85 % y Al₂O₃ 3,15 %. También habría que sustraer el SiO₂, Al₂O₃, etc. que se difunde desde el cuerpo cerámico.

En los resultados que se muestran, en la tabla nº 3, el porcentaje que más aleja al vidriado del molde estudiado de los demás es el del óxido de hierro que como mínimo duplica a la mayoría de ellos. Con respecto al V-83 (único análisis perteneciente a una pieza hallada en la Penín-

		PbO	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	CuO	SnO ₂
Vidriado claro							
Colchester	Media 27 ej.	62,00	2,20	4,90	0,40	0,02	0,02
Esmirna	Media 17 ej.	56,00	2,70	3,20	0,20	0,02	0,20
Clazomene	Media 2 ej.	58,00	2,40	3,00	0,20	0,00	0,20
Tarso	Media 6 ej.	54,00	3,40	2,90	0,00	0,00	0,30
Vidriado verde							
Esmirna	Media 7 ej.	53,00	1,00	4,10	0,10	4,20	1,00
Clazomene	Media 5 ej.	53,00	0,80	2,80	0,10	5,70	0,70
Tarso	Media 6 ej.	59,00	0,90	3,20	0,02	4,10	0,40
Molde		67,43	4,32	1,24		1,58	

Tabla 5: Variaciones regionales en la composición de vidriados romanos.

sula Ibérica) observamos que el componente de Alúmina en el molde es mayor, sin embargo el CaO cae prácticamente hasta casi la mitad, al igual que el porcentaje del CuO responsable del color de la pieza y, por último, en el molde aparece Na₂O, óxido ausente en el análisis V-83.

Realizando la misma comparación anterior, pero esta vez en base a porcentajes similares de óxido de Hierro, tenemos que:

Parece observarse que los análisis con contenido en peso de Fe₂O₃ similares no presentan distribuciones similares en los demás óxidos. Por último, podemos comparar, el análisis del molde, con una tabla de variaciones regionales en la composición de los vidriados publicada por Hatcher *et al.* (1994, 443, Tabla 6).

De la anterior tabla parece desprenderse que la composición del vidriado del molde no puede adscribirse a ninguna de las áreas reflejadas en ella. Por lo que, en un principio podríamos considerarlo como una producción local, aunque sin poder apoyar esta afirmación en resultados similares de otras piezas analizadas de la misma área geográfica y con las reservas de saber que el resultado del análisis químico que estamos manejando no se corresponde con la composición inicial de la mezcla que originó el vidriado. Dado que a las modificaciones sufridas en la composición final, que es la que se analiza, por efecto de las reacciones químicas que tienen lugar durante el proceso de formación del vidriado y los efectos de la temperatura, tiempo de cocción, enfriamiento, etc., También hay que tener en cuenta que el mismo vidriado aplicado sobre diferentes cuerpos cerámicos se comporta de manera diferente (Gualtieri *et al.*, 2006, 481).

B. Cuerpo cerámico

De los trabajos dedicados a analizar la composición de los cuerpos cerámicos de las cerámicas vidriadas el más extenso es el de Hatcher *et al.* (1994) centrado en cerámicas halladas en Colchester y en fondos del Museo del Louvre y del The Ashmolean Museum de Oxford, procedentes de excavaciones en zonas como Colchester, Smirna, Tarso, etc. Por su parte, Picon y Desbat (1986) analizan cuerpos cerámicos de hallazgos producidos en las excavaciones de Lyon. En la Península tenemos el importante trabajo de Pérez Arantegui *et al.* (1996) que analiza, mediante ICP-AES, 68 fragmentos de cuerpos de cerámica vidriada procedentes de la zona de Caesaraugusta, Celsa y zonas limítrofes. Este último trabajo quizás sea el más interesante para

nuestros propósitos, al tratarse de hallazgos peninsulares, de poder hallar algún paralelo a la composición de las pastas cerámicas del molde. Todos los trabajos citados anteriormente expresan sus resultados en porcentaje en peso de los óxidos presentes. Por contra, Casas i Genover *et al.* (1993) analizan los cuerpos cerámicos de los restos aparecidos en la villa de Els Tolegassos (identificados como pertenecientes a un taller local de cerámica vidriada situado en la propia villa o en sus cercanías) pero expresan los resultados en porcentajes de arcillas.

Del cuerpo cerámico del molde se realizaron un total de seis análisis distribuidos de la siguiente manera:

- análisis números III y IV, se realizan en el interior de la zona rehundida que circunda a la zona circular central recubierta de vidriado. Las zonas rehundidas no presentan vidriado.

- análisis números V y VI, se realizan en la zona próxima al borde superior que presenta una tonalidad rojiza, no presenta restos de vidriado aunque, originalmente, con mucha probabilidad si lo tuviera.

- análisis número VIII: se corresponde con la parte inferior del cuerpo cerámico, en una zona con tonalidad gris.

A la hora de tabular los datos, y en vista de los resultados obtenidos en los análisis, hemos preferido no tratarlos de entrada, es decir, no los hemos transformado en óxidos, que sería el método habitual para poderlos comparar con los análisis de otros cuerpos cerámicos ya analizados. Las tablas reflejan el porcentaje en peso de los elementos detectados en los análisis. Para analizarlos los hemos agrupado por zonas analizadas:

- En la tabla nº 6 aparecen los resultados de los análisis realizados en la cara superior, excluyendo los números VII-1 y VII-2 que serán tratados específicamente, y su media aritmética.

- En la tabla nº 7 aparecen los resultados del análisis nº VIII confrontados con la media aritmética de los realizados en la cara superior

Es necesario recordar que, al igual que los análisis del vidriado, son resultados referenciales y no absolutos, dado el nivel de distribución heterogénea que presentan los materiales que conforman el cuerpo cerámico.

La razón por la que no hemos realizado la transformación en porcentajes en óxido de los anteriores datos es la aparición de los elementos S, Cl y C. Su presencia en los análisis implica que en la composición del cuerpo cerámico no sólo existen óxidos sino que también aparecen sulfatos, cloruros y carbonatos. Podemos ver

Elemento	Análisis III	Análisis IV	Análisis V	Análisis VI	Valor medio
Si	14,12 %	12,53 %	14,85 %	10,73 %	13,06 %
O	63,02 %	60,06 %	62,58 %	61,11 %	61,69 %
Ca	6,21 %	6,47 %	5,35 %	8,88 %	6,73 %
Al	4,69 %	6,21 %	6,02 %	4,26 %	5,30 %
Fe	3,03 %	4,51 %	3,31 %	2,41 %	3,32 %
Na	0,76 %	1,03 %	0,48 %	0,83 %	0,76 %
K	1,33 %	1,58 %	1,35 %	1,20 %	1,37 %
Ti	0,31 %	0,26 %	0,25 %	0,35 %	0,29 %
Mg	0,46 %	0,65 %	0,61 %	0,88 %	0,65 %
S	4,76 %	4,85 %	4,32 %	7,98 %	5,48 %
Cl	1,31 %	1,85 %	0,88 %	1,38 %	1,36 %

Tabla 6: Resultados del análisis de la cara superior del cuerpo cerámico, expresados como porcentaje en peso de los elementos químicos presentes.

Óxido	Análisis VIII	Valor medio
Si	13,70 %	13,06 %
O	6,97 %	61,69 %
Ca	1,01 %	6,73 %
Al	6,97 %	5,30 %
Fe	3,44 %	3,32 %
Na	0,20 %	0,76 %
K	1,78 %	1,37 %
Ti	0,30 %	0,29 %
Mg	0,60 %	0,65 %
S	0,28 %	5,48 %
Cl	0,33 %	1,36 %
C	22,21 %	-

Tabla 7: Resultados del análisis de la cara inferior del cuerpo cerámico expresados como porcentaje en peso de los elementos presentes.

una constatación gráfica de su existencia en los cristales de cloruro sódico que aparecen en la Figura nº 7, correspondiente a la microfotografía



Figura 7: Cristales de cloruro sódico presentes en el fondo de la zona rehundida que rodea al círculo central vidriado de la cara superior del molde (x50, zona del análisis IV).

tomada en la zona del análisis nº IV correspondiente al primer anillo rehundido que rodea al círculo central vidriado de la cara superior del molde (vid. Fig. 2).

La arcilla común utilizada en las alfarerías presenta una constitución mineral muy variada, apareciendo mayoritariamente minerales arcillosos del grupo de las micas (illitas, moscovitas, etc.), y en proporciones menores de los grupos del caolin, cloritas, esmectitas y hormitas. Lo más frecuente es que sean del tipo illítico o illítico-caolínico. La presencia de desgrasantes como el cuarzo, feldespatos, carbonatos, yeso, etc. y sus diferentes tamaños de grano, hacen que las propiedades de estas arcillas sean muy variadas, con puntos de vitrificación inferiores a 1100°C. El color del producto acabado presenta una tonalidad roja característica, origina por los altos contenidos en óxidos de hierro que presentan, superando en peso el 2-2,5% (Díaz Rodríguez, Torrecillas, 2002, 459-470).

En la siguiente tabla podemos observar la composición química media de la Caolinita y de la Illita:

Óxido	Illita	Caolinita
SiO ₂	50,10-51,70	43,60-54,70
Al ₂ O ₃	21,70-32,80	30,00-40,20
Fe ₂ O ₃	0,00-6,20	0,30-2,00
MgO	2,00-4,50	0,00-1,00
CaO	0,00-0,60	0,03-1,50
K ₂ O	6,10-6,90	0,00-1,50
Na ₂ O	0,10-0,50	0,00-1,20
TiO ₂	0,50	0,00-1,40
H ₂ O	6,40-7,00	11,00-14,30

Tabla 8: Composiciones químicas medias expresadas en porcentajes en peso de óxidos de la Caolinita y de la Illita (Adaptada de Singer y Singer, 1971, 38, Tabla 2).

Como podemos observar en la anterior tabla, prácticamente están la mayoría de los componentes que aparecen en el análisis del cuerpo cerámico. A estas composiciones habría que sumar los elementos aportados por los feldespatos, que son los fundentes más importantes utilizados en las pastas cerámicas, entre los que podrían estar relacionados con el cuerpo cerámico de molde contaríamos con los espatos potásicos (Ortoclusas y Microclinas) los más utilizados, los espatos sódicos (Albitas), de menor punto de fusión y que se utilizan más en los vidriados. También podríamos tener espatos cálcicos (Anortitas), sódico-potásicos (Plagioclasas) o sódico-cálcicos (Oligoclasas). La sílice también se incorporaría en forma de cuarzo.

Dentro de los carbonatos que pudieran tener relación tenemos al cálcico, importante porque ejerce una acción fundente muy enérgica rebajando la temperatura de cocción y que aparece puro en la Calcita y en las rocas calizas; el de magnesio que aparece en la Magnesita y los dos juntos aparecen en la Dolomita.

Los minerales de hierro se pueden aportar también no sólo como impurezas sino también mediante minerales como la Hematita, la Magnetita, la Goethita o la Pirita. La presencia de Pirita o Marcasita (FeS_2) en una atmósfera oxidante hace que a bajas temperaturas este mineral se descomponga y, si no se renuevan los gases de combustión, aparezcan después como sulfatos.

También podría estar presente el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que es poco soluble en agua y es el responsable de la aparición de fenómenos de eflorescencia en las cerámicas.

Por último, debemos señalar que las mezclas de arcillas utilizadas en la alfarería suelen estar acompañadas frecuentemente de materia orgánica.

La existencia en el análisis de los componentes químicos del molde de S, Cl y C implica varias cuestiones:

-El carbono está presente en muchas arcillas crudas, tanto en forma de carbonatos como de materia orgánica, debiendo eliminarse por descomposición y oxidación durante la cocción de la pasta. En ocasiones, se añade materia orgánica a la pasta para facilitar su moldeo que deberá eliminarse también durante el mismo proceso anterior. Los compuestos orgánicos comienzan a descomponerse a unos 400°C dejando carbono libre en la pasta, según Singer y Singer (1971, vol. II, 246), con producción de CO_2 , CO , H_2O , etc., una vez que se ha expulsado todo el vapor de agua y que el oxígeno puede penetrar en los poros de la pasta, se inicia la combustión del

carbono. Si antes de que se produzca la sinterización no se han eliminado todas las impurezas combustibles estas quedarán atrapadas dentro de la pasta. La oxidación debe completarse en una zona entre 800 y 1000°C . La velocidad de esta oxidación parece depender también del tamaño de grano de la pasta.

Parte del carbono podría estar en forma de carbonato de magnesio que habría iniciado su descomposición, desprendiendo dióxido de carbono, a 408°C , por contra, el carbonato de calcio no iniciaría su descomposición hasta los 894°C .

-El azufre y el cloro son sales solubles que puede provenir de sulfatos, sulfuros o cloruros presentes en las arcillas de partida, no sólo como constituyentes sino también como aportes externos al haber sido arrastradas por las lluvias a las canteras de donde se extrae la arcilla³. Cuando se realiza la cocción, estas sales no se alteran, ya que son muy refractarias y no se integran en la matriz cerámica (como hemos visto en la caso del cristal de cloruro sódico). En la tabla nº 9 se muestran las temperaturas de descomposición de los sulfatos que podrían estar presentes en la composición del molde. Por su parte, el cloruro sódico, podría incluso provenir del agua con que se realizó la mezcla, además de todas las posibilidades citadas anteriormente, se funde a la temperatura de 801°C , siendo muy perjudicial para el horno cuando se descompone puesto que la liberación del anión cloruro genera problemas de corrosión en las paredes de los hornos.

Las anteriores temperaturas de descomposición de los sulfatos varían en función de las condiciones de la cocción de la pasta cerámica, pudiendo tanto retardarse como acelerarse su descomposición.

Como hemos apuntado anteriormente, otra posible fuente de S son las piritas de hierro que en presencia de suficiente cantidad de oxígeno se descomponen por la acción del calor,

3. Una explicación a este aporte de sulfatos y carbonatos la podemos extraer del modo en el que los antiguos alfareros de Ahigal (Cáceres), citados anteriormente extraen las arcillas con las que realizan sus cerámicas. Dichos alfareros utilizan dos tipos de arcillas una roja y otra blanca, cada una de ellas se extrae de lugares diferentes, pero la forma de extracción es idéntica: se suele realizar en los meses de abril y mayo, buscando que el terreno esté seco, primero se produce una roza y desbrozamiento de la superficie de donde se va a extraer la arcilla y después se cava hasta una profundidad máxima de un metro, por lo que podemos decir que sólo utilizan arcillas superficiales, precisamente las más expuestas a los fenómenos descritos de escorrentías (Domínguez Moreno, 1988).

Sulfato	Principio de la descomposición	Descomposición rápida	Producto de descomposición	Color del producto
FeSO ₄	167°C	480°C	Fe ₂ O ₃ ·2SO ₃	Amarillo pardo
Fe ₂ O ₃ ·2SO ₃	492°C	560°C	Fe ₂ O ₃	Rojo
Al ₂ (SO ₄) ₃	590°C	639°C	Al ₂ O ₃	Blanco
MgSO ₄	890°C	972°C	MgO	Blanco
CaSO ₄	1200°C	-	CaO	Blanco

Tabla 9: Temperaturas de descomposición de sulfatos que pueden estar presentes en la composición, del cuerpo cerámico del molde (Adaptada de Singer y Singer, 1971, 250, tabla 24).

aunque si el calentamiento es demasiado rápido y el aire insuficiente no se completa su oxidación y, por tanto, tampoco la eliminación del S. Fruto de las reacciones que se producen se puede formar óxido férrico que se combinaría con los silicatos presentes dando lugar a manchas rojizas (Singer y Singer, 1971, 251).

Cuando, en una arcilla, se encuentran simultáneamente carbono y azufre, como es el caso del molde, el carbono se quema primero y el azufre no recibe una cantidad suficiente de oxígeno disponible hasta que se ha oxidado el carbono. Si mientras ocurre este proceso la temperatura se eleva, entonces la probabilidad de que se formen sulfatos aumenta considerablemente.

Otra fuente de formación de sulfatos es la formación de dióxido de azufre en la atmósfera interior del horno de cocción fruto de las reacciones anteriores o del combustible utilizado en el mismo horno. Este dióxido de azufre en presencia de vapor de agua y oxígeno, resultantes de las reacciones químicas que se producen durante la cocción de la pasta pueden combinarse con las bases existentes en pastas y vidriados para formar sulfatos.

La no aparición de S en la composición del vidriado parece indicarnos que el vidriado se realizó en dos etapas: primero se produjo la cocción del cuerpo cerámico y con posterioridad se le aplicó el vidriado.

Los sulfatos que no se descomponen durante el proceso de cocción de la pieza, tanto si se encontraban presentes en las materias primas como si se han formado a partir de los gases sulfurosos del horno, ocasionan problemas en las piezas acabadas. Todos ellos son más o menos solubles en agua y, por tanto, serán transportados por el agua que se mueve a través de los poros de la pieza, quedando depositados cuando el agua se evapora. También se pueden producir grietas en la pieza por el crecimiento de los cristales de estos sulfatos, sobre todo los de sodio y magnesio. Este crecimiento de cristales es el responsable del fenómeno conocido como “eflo-

rescencia” que en esencia es la aparición de una espuma blancuzca en la superficie, los sulfatos con más tendencia a producir este fenómeno son los de potasio y calcio (Singer y Singer, 1971, 254). Hemos de recordar el aspecto grisáceo que presenta la pieza, sobre todo, en su cara inferior que no estaba recubierta de vidriado y su prolongada exposición a la humedad debido a las especiales características que tiene su lugar de hallazgo.

Como resumen, podemos decir que se partiría de una mezcla inicial de illita-caolinita, con presencia de feldespatos, de cuarzo, carbonatos, sulfatos, posiblemente piritas y en menor cantidad cloruro sódico disuelto. También podría habersele añadido materia orgánica para facilitar su moldeo. Todo el conjunto sufrió una cocción con una rampa de subida de temperatura muy acelerada lo que causó que en su interior quedarán restos de carbono no completándose, por tanto, su oxidación y descomposición, afectando con ello a los sulfatos al no disponer estos de suficiente oxígeno para reaccionar. Por otra parte, el estar muy prolongadamente en un ambiente húmedo ha hecho que se produzcan fenómenos de eflorescencia que pueden haber sido los causantes de las microfisuras que presenta la superficie del vidriado y que contribuyen a falsear los resultados analíticos al producir concentraciones de estos compuestos en la superficie de la pieza cerámica.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, procederemos a transformar los resultados en sus correspondientes óxidos y los tabularemos dando su porcentaje en peso. Evidentemente los datos no son reales porque no se reflejan las cantidades de cloruros, carbonatos y sulfatos que están presentes (representados en las tablas por las cantidades de Cl, CO₂ y SO₃).

Hatcher *et al.* (1994, 441) constatan, en base a sus análisis, que los cuerpos cerámicos muestran una mayor variabilidad en su composición química que la que presentan los vidriados. El contenido de CaO sirve para diferenciar dos grandes grupos de producciones cerámicas, por

Óxido	Análisis III	Análisis IV	Análisis V	Análisis VI	Valor medio
SiO ₂	43,67 %	37,42 %	44,91 %	31,53 %	39,38 %
CaO	12,56 %	11,58 %	10,59 %	17,07 %	12,95 %
Al ₂ O ₃	12,81 %	16,38 %	16,07 %	11,06 %	14,08 %
Fe ₂ O ₃	6,26 %	9,01 %	6,69 %	4,74 %	6,68 %
Na ₂ O	1,47 %	1,94 %	0,92 %	1,54 %	1,47 %
K ₂ O	2,31 %	2,65 %	2,30 %	1,99 %	2,31 %
TiO ₂	0,75 %	0,60 %	0,59 %	0,80 %	0,69 %
MgO	1,10 %	1,59 %	1,43 %	2,01 %	1,53 %
SO ₃	17,17 %	16,81 %	15,25 %	27,37 %	19,18 %
Cl	1,89 %	2,58 %	1,24 %	1,90 %	1,89 %

Tabla 10: Resultados del análisis de la cara superior cuerpo cerámico, expresados como porcentaje en peso de los óxidos presentes.

Óxido	Análisis VIII	Valor medio
SiO ₂	21,68 %	39,38 %
CaO	1,04 %	12,95 %
Al ₂ O ₃	9,74 %	14,08 %
Fe ₂ O ₃	3,64 %	6,68 %
Na ₂ O	0,20 %	1,47 %
K ₂ O	1,58 %	2,31 %
TiO ₂	0,37 %	0,69 %
MgO	0,74 %	1,53 %
SO ₃	0,52 %	19,18 %
Cl	0,24 %	1,89 %
CO ₂	60,24 %	-

Tabla 11: Resultados del análisis de la cara inferior del cuerpo cerámico expresados como porcentaje en peso de los óxidos presentes.

una lado, tendríamos los cuerpos con alto contenido de este óxido, CaO >6,5% (calcareous clay bodies), que serían representativos de las producciones de Tarso y de Italia y, por otro, estarían los de bajo contenido de CaO, CaO <3 % (non calcareous clay bodies), que se producirían en Galia Central y Anatolia (De Benedetto *et al.*, 2004, 616; Pérez Arantegui *et al.*, 1996). También López Molinero *et al.* (2000) asignan las mismas procedencias: Italia para los cuerpos cerámicos

calcáreos y la Galia para los no calcáreos, en su estudio de los cuerpos cerámicos hallados en la zona del valle del Ebro

Por tanto, y en base a esta división, ya se puede clasificar al cuerpo cerámico del molde como un cuerpo cerámico calcáreo. Dentro de los 83 cuerpos analizados por Pérez Arantegui *et al.* (1994) hallados en la zona del Valle del Ebro, en torno a Caesaraugusta y Celsa, este tipo de cuerpos son los predominantes (de los 83 analizados, sólo 9 son no calcáreos), asignándoseles una procedencia itálica, como hemos dicho anteriormente (a los no calcáreos se les asigna una procedencia de la Galia Central).

Con los datos de la tabla nº 12 podremos comparar los resultados del análisis del cuerpo cerámicos con composiciones medias regionales.

Ciertamente, los porcentajes de óxidos que presenta el cuerpo cerámico se asemejan más a los de Lazio/Campania (que, como hemos visto anteriormente, eran los grandes centros productores y exportadores del Mediterráneo Occidental), pero el molde presenta porcentajes muy bajos de MgO con respecto a estos talleres y por el contrario presenta un porcentaje más

Procedencia	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO
Tarso (10 frag)	13,26	19,84	6,73	5,32	0,59	2,54	0,66	0,091
Smirna (17 frag)	20,95	3,41	4,88	1,73	0,71	3,97	0,88	0,041
Clazomene (6 frag)	21,10	3,37	4,31	1,63	0,69	3,88	0,83	0,034
Colchester (41 frag)	25,87	0,92	3,24	0,83	0,57	3,46	1,25	0,026
Tarento (13 frag)	12,70	12,25	5,66	3,31	0,72	1,99	0,73	0,096
Lazio/Campania (12 frag)	16,90	13,60	6,60	3,50	-	2,90	0,76	0,096
Grupo 1 (24 frag)	14,63	11,90	5,31	2,84	1,00	2,44	0,68	0,068
Grupo 2 (18 frag)	11,85	10,54	4,50	2,17	0,99	2,41	0,51	0,051
Molde	14,08	12,95	6,68	1,53	1,47	2,31	0,69	-

Tabla adaptada de Pérez-Arantegui (1996, 913, Tabla 5) y Hatcher *et al.*, (1994, 442, Tabla 5).

Tabla 12: Variaciones regionales en la composición media del cuerpo cerámico en cerámicas vidriadas romanas en porcentajes de peso de sus óxidos.

Muestra	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	TiO ₂	MnO
Molde	12,95	14,08	6,68	2,31	1,47	1,53	0,69	
V.08	12,35	13,68	4,61	2,52	1,25	2,39	0,58	0,053
V.64	12,75	13,31	4,81	2,24	0,85	3,35	0,66	0,089
V.b6	12,99	11,47	4,62	2,67	0,77	2,42	0,56	0,066
V.68	13,00	15,13	5,43	2,61	0,74	2,85	0,70	0,070
V.43	13,11	13,57	5,28	2,66	1,08	3,31	0,59	0,071
V.02	13,29	13,68	5,65	2,38	0,67	3,26	0,66	0,069

Tabla 13: Composición del cuerpo cerámico en cerámicas vidriadas romanas halladas en el Valle del Ebro en porcentajes de peso de sus óxidos similares en contenido de CaO.

alto de Na₂O, por lo podríamos descartar su adscripción a dichos talleres.

También podemos comparar la composición del molde con algunos de los resultados publicados por Pérez Arantegui (1998, 909, Tabla 3) con similar contenido en CaO y a los que dichos autores atribuyen una procedencia itálica (sus valores medios están reflejados en la Tabla nº 12 como Grupo 1 y Grupo 2).

Como era de esperar, se mantienen las discrepancias que hemos visto en el cuadro anterior con respecto al MgO y al Na₂O, pero también observamos una disminución generalizada de los valores de Fe₂O₃.

Ante estos resultados, creemos que, al igual que la composición del vidriado, la composición del cuerpo cerámico se corresponde con una cerámica local pero también como en

ción entre ambos en donde se producen una serie procesos de digestión/difusión que implican:

- La formación de una capa (una interfase), de espesor variable, según las composiciones de las zonas en contacto, sobre todo, de la composición del cuerpo cerámico, y de las variables de la velocidad de calentamiento y de la velocidad de enfriamiento. Esta capa contiene pequeños cristalitas de feldespato K-Pb, produciéndose una mayor concentración en ella de Al-K-Si y Pb (Tite *et al.*, 1998, 250).

- Según los estudios de Molera *et al.* (2001, 1121) cuando se alcanzan temperaturas de 950°C los fenómenos de difusión implican el paso desde el cuerpo cerámico hacia el vidriado sobre todo de Si y en más pequeñas cantidades Al-Fe-Ca-Mg y K y de Pb en sentido contrario (Tite *et al.*, 1998, 250, Ben Amara, 2006, 402).

600-700°C	El vidriado se funde parcialmente	Interacción vidriado cerámica no detectable
+ 750°C	El vidriado se funde	Algunos granos de cuarzo no reaccionan y se produce la difusión desde el cuerpo cerámico hacia el vidriado
+900°C	Se incrementa el proceso de difusión	Comienza la difusión del plomo del vidriado hacia el cuerpo cerámico y la sílice de este hacia el vidriado

el caso anterior carecemos de análisis de otras piezas que corroboren esta afirmación.

C. Interfase

Cuando se utiliza una suspensión de Pb-Si aplicada sobre un cuerpo cerámico previamente cocido (biscuit-body) para lograr un vidriado y se inicia la cocción se empiezan a producir reacciones químicas entre los componentes de la suspensión del vidriado pero también con los componentes del cuerpo que están en contacto con esta suspensión. Al respecto, se han realizado estudios experimentales acerca de la interacción de los cuerpos cerámicos con el vidriado en estos tipos de cerámica (Molera *et al.*, 2001; Ben Amara *et al.*, 2006) que nos informan de que a medida que se calienta la mezcla del vidriado sobre el cuerpo cerámico se tiende a formar una zona de interac-

Ambos procesos también tienen un diferente comportamiento si la mezcla del vidriado se aplica sobre el cuerpo cerámico antes de su cocción o con posterioridad, si éste es de naturaleza calcárea o no (Gualtieri *et al.*, 2006).

Cuando el cuerpo cerámico es de naturaleza calcárea, como es el caso del molde, parte del Ca presente en el cuerpo cerámico pasa también al vidriado, este proceso también se produce con el Fe presente en dicho cuerpo (Molera *et al.*, 2001, 1127).

Por otra parte, y según Ben Amara (2006, 403), la presencia de Na (en forma de carbonato) en la mezcla inicial del vidriado, incrementa los procesos de descomposición/difusión entre éste y el cuerpo cerámico. Viéndose favorecido el incremento del espesor de la interfase por un enfriamiento lento de la cerámica (Molera *et al.*, 2001, 1121-23).

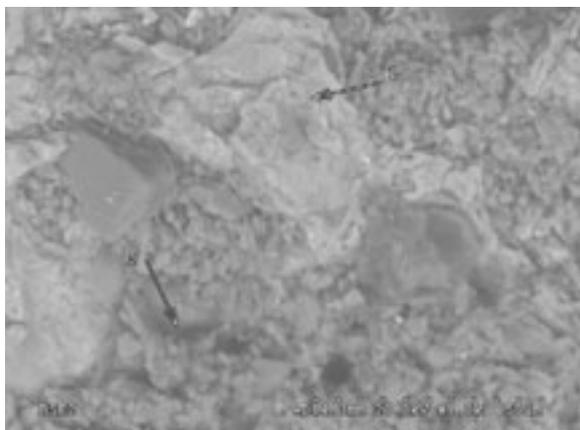


Figura 8: Posible zona de la Interfase entre el vidriado y el cuerpo cerámico (x50). El punto 1 marca la zona del análisis VII-1 y el punto 2 la del análisis VII-2.

Como anteriormente hemos apuntado, no se pudieron realizar análisis de la interfase entre el cuerpo cerámico y el vidriado, debido, sobre todo, a que la premisa establecida de inicio era realizar análisis no destructivos y las dimensiones y la geometría de la pieza no lo permitieron. Sin embargo, creemos que, dos de los análisis realizados sobre el cuerpo cerámico en la misma zona que los análisis V y VI, (los denominados

como VII-1 y VII-2) sobre dos áreas que, vistas al microscopio electrónico, presentan dos tonalidades diferentes (Fig. 8) pueden corresponder a la zona de interfase de contacto entre el cuerpo cerámico y el vidriado o bien a una zona muy cercana a esta dado los resultados obtenidos. En cualquier caso, el resultado de los análisis, sitúan a esta zona como una zona de transición entre la superficie del cuerpo cerámico y el vidriado.

En la tabla nº 14 presentamos los resultados de los análisis expresándolos en porcentaje en peso de los óxidos correspondientes a los elementos presentes en estos dos análisis. Puesto que en ellos aparecen S, C y Cl hacemos extensivo lo apuntado en el apartado de análisis del cuerpo cerámico a estos análisis. Aunque sabemos que la transformación en porcentajes de óxido es irreal porque no existen Cl, CO₂ y SO₃, como tales, sino cloruros, carbonatos y sulfatos, esta sencilla operación, sin embargo, nos permite visualizar el comportamiento tanto de la interfase como de las zonas aledañas. Es evidente que las cifras reflejadas sólo se deben tomar como tendencias.

Teniendo en cuenta los datos anteriores, creemos que podemos ordenar una secuencia de los análisis obtenidos que nos permitan visualizar una parte de lo anteriormente descrito.

Óxido	Análisis VII-1	Análisis VII-2	Valor medio cara superior del cuerpo cerámico
SiO ₂	41,89 %	8,20 %	39,38 %
CaO	3,58 %	11,86 %	12,95 %
Al ₂ O ₃	27,24 %	3,15 %	14,08 %
Fe ₂ O ₃	9,37 %	1,88 %	6,68 %
Na ₂ O	0,74 %	1,15 %	1,47 %
K ₂ O	2,65 %	0,38 %	2,31 %
TiO ₂	0,53 %	0,02 %	0,69 %
MgO	2,57 %	0,79 %	1,53 %
SO ₃	4,70 %	13,62 %	19,18 %
Cl	0,34 %	0,36 %	1,89 %
Pb	6,38 %	-	-
CO ₂	-	58,56 %	-

Tabla 14: Resultados de los análisis VII-1 y VII-2, expresados como porcentajes en peso de los óxidos comparados con los valores medios de los análisis realizados en la superficie de la cara superior del cuerpo cerámico.

Análisis	PbO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	CuO	Na ₂ O	MgO	TiO ₂	K ₂ O	SO ₃	Cl	CO ₂
Vidriado	67,43	21,53	4,32	3,37	1,24	1,58	0,63	-	-	-	-	-	-
VII-1	6,38	41,89	9,37	27,24	3,58	-	0,74	2,57	0,53	2,65	4,70	0,34	-
VII-2	-	8,15	3,52	5,88	22,14	-	2,14	1,48	0,03	0,71	25,43	0,68	29,82
Cara superior cuerpo cerámico	-	39,38	6,68	14,08	12,95	-	1,47	1,53	0,69	2,31	19,18	1,89	-

Tabla 15: Ordenación por capas de las medias de los resultados obtenidos en peso de los óxidos de los diferentes análisis del molde excluyendo los realizados en la cara superior.

Podemos observar que en el análisis VII-1 se produce una concentración de SiO_2 , Al_2O_3 y K_2O , apareciendo también PbO , por lo que en principio cumpliría con requisitos comentados anteriormente para poder considerar que la zona en donde se realizó este análisis pertenece a la zona de Interfase.

También debemos indicar que, debido a estos procesos de formación de la Interfase y de la difusión de elementos, a la composición del vidriado habría que sustraer la cantidad difundida desde el cuerpo cerámico de SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Fe_2O_3 y por el contrario deberíamos sumar la cantidad de PbO difundida hacia la Interfase.

Reseñaremos también que el CuO presente en el vidriado no parece participar de estos movimientos difusores y que el MgO , el TiO_2 y el K_2O del cuerpo cerámico participan de los desplazamientos generados en el proceso de difusión pero sin llegar a incorporarse al vidriado.

Por último señalaremos que la zona del análisis VII-2 parece que pudiera ser la zona desde donde se difunden los óxidos, anteriormente mencionados, hacia la zona de la interfase, por lo que su composición, en estos mismos óxidos, baja considerablemente con respecto a la cara superior del cuerpo cerámico, con excepción del CaO , que posiblemente esté formando parte de sulfato de calcio o carbonato cálcico habida cuenta de los valores en este análisis del SO_3 y del CO_2 .

Como conclusiones del análisis anterior, somos partícipes de la opinión de Molera *et al.* (2001, 1128) acerca de las limitaciones que presentan la clasificaciones de los vidriados antiguos y sus cuerpos cerámicos realizadas en base a su composición química y que asumen normalmente que su composición química final es idéntica a la composición química de partida. Sin tener en cuenta la multitud de variables que afectan a dicha composición final.

CONCLUSIONES

La fabricación de cerámica vidriada es una de las mayores complicaciones tecnológicas a las que debían hacer frente los alfareros romanos, como hemos visto son muchas las cuestiones que inciden en un buen acabado final del producto

En el caso del molde podemos extraer diversas conclusiones:

- Su composición se corresponde con un vidrio de alto contenido en plomo, pudiendo haberse seguido para su confección una receta general standard modificada o condicionada por las materias primas disponibles en el alfar.

- Muy posiblemente la mezcla inicial estaría compuesta de Galena tratada, arena silícea y arcilla u otro espesante como la harina utilizada en Ahigal (Cáceres). La arena silícea o la arcilla serían las responsables del alto contenido en Fe_2O_3 y del Al_2O_3 . Intencionadamente se le añadiría CuO para darle color y contrarrestar el color que le comunicarían los óxidos de hierro presentes. Dada la funcionalidad de la pieza hay que resaltar que el Al dota al vidrio de unas ciertas condiciones refractarias y de que su presencia en cantidades superiores al 3% en peso favorece que el vidriado pueda ser expuesto a temperaturas elevadas durante su vida de trabajo, esto es importante puesto que, al ser la pieza analizada una base de molde para vidrio soplado, cada vez que fuese utilizada estaría expuesto a temperaturas elevadas. Uno de los problemas que se plantean a la hora de realizar una cerámica vidriada es la de la obtención de la materia prima para poder llevarla a cabo. En el caso de esta cerámica, lo que podíamos llamar como etapa limitante del proceso sería la obtención del compuesto de plomo. En el caso de los alfareros de Ahigal, mencionados anteriormente, el suministro procedía, en forma de terrones, de Linares (Jaén). Pero creemos que, en época romana, el abastecimiento de dicho mineral, para el área de Augustobriga, era más fácil. En la Provincia de Cáceres sólo se han documentado dos explotaciones mineras con minerales de plomo, pero por ejemplo, en la vecina provincia de Badajoz la cifra sube hasta 66, hallándose aquí el importante distrito minero de La Serena (al este de Badajoz). No muy lejos, también se hallan los distritos mineros de Azuaga-Fuenteovejuna (entre las provincias de Córdoba y Badajoz) y el de la Alcuía (al suroeste de Ciudad Real), todos ellos con numerosas explotaciones mineras y fundiciones de mineral de plomo (Domergue, 1987). En consecuencia, la obtención de la materia prima para el vidriado rebajaría considerablemente su coste económico, al no tener que transportarla desde grandes distancias al estar muy cerca las fundiciones.

- La suspensión del vidriado se aplicó de manera uniforme mediante un pincel a la superficie del cuerpo cerámico cocido previamente.

- Probablemente, la fusión del vidriado sería llevado a cabo a temperaturas cercanas a los 950°C , temperatura que supera ampliamente la de fusión del sistema PbO-SiO_2 pero que permite la formación de una interfase entre el cuerpo cerámico y el vidriado, interfase que vería favorecida su extensión por la presencia de Na en el vidriado y el soporte de un cuerpo cerámico cal-

cáreo rico en Ca, todo ello facilitaría una mejor fijación del vidriado al cuerpo cerámico dotándolo de una mayor resistencia tanto mecánica como química

- Por último, creemos que su viscosidad era la adecuada para la temperatura a la que se formó el vidriado, puesto que no se produjeron derramamientos de la suspensión hacia las zonas en donde no se había aplicado ésta.

- La aparición de microfisuras en la superficie del vidriado creemos que no es un fallo técnico, sino el resultado de la acción de la humedad sobre el cuerpo cerámico y la reacción consecuente de los sulfatos presentes en él, produciendo una dilatación que es la causa del cuarteado del vidriado.

En cuanto al cuerpo cerámico quizás lo más importante sea su composición inicial, con una presencia de carbonatos, sulfatos, sulfuros y cloruros demasiado alta y la aplicación de una rampa de temperatura demasiado rápida que impidió el desarrollo normal de las reacciones químicas que se producen durante la cocción de una cerámica. Sus consecuencias son las eflorescencias que presenta el molde.

Sorprenden los defectos de fabricación que presenta el cuerpo cerámico frente a un vidriado bastante bien logrado, puesto que la fabricación del cuerpo cerámico, en principio, debería entrañar una menor dificultad técnica que la de realizar el vidriado.

Todos los cuerpos cerámicos analizados en la bibliografía al uso responden a una tipología definida de una cerámica de semi-lujo, usados en el servicio doméstico, tanto para servicio de mesa como para beber vino, apareciendo en menor cantidad elementos decorativos como puedan ser pequeñas estatuillas o lucernas, por lo tanto, responden a una cerámica cuidada tanto en su aspecto o composición como en su tratamiento térmico. En el caso de la villa de Tolegassos (Casas i Genover *et al.*, 1993), en donde se situaría un taller cerámico local que elaboraría este tipo de cerámica, la pasta cerámica utilizada parece ser la misma que la usada en la producción de las cerámicas locales del mismo establecimiento, por lo que seguramente para el cuerpo cerámico del molde se pudieron utilizar las mismas mezclas de pastas cerámicas que utilizaba el taller que lo elaboró para la fabricación de la cerámica local, de uso cotidiano.

En el caso del molde, la misma funcionalidad de la pieza analizada nos guía hacia una nueva faceta, inédita dentro de este tipo de cerámica: la de los útiles de trabajo. Faceta en la que la importante componente ornamental de este

tipo de cerámica, no olvidemos que el revestimiento vidriado sirve para ennoblecer diversos objetos cerámicos que de otra manera serían piezas más o menos normales, parece no ser el motivo que guíe su fabricación, por lo que dicha motivación deberemos buscarla en las propias características de la pieza y su uso.

Sus características están relacionadas con la función que debe cumplir dentro de una cadena productiva determinada, en la que se le exige una cierta robustez, también una durabilidad y que el vidrio soplado contra sus paredes no se quede pegado a ellas. Por su parte, el molde contribuye con su dibujo geométrico a darle una cierta decoración a las bases de los recipientes de vidrio fabricados con su concurso. Como base decorativa de un molde para soplar cerámica constantemente debería estar sometida a incrementos de calor durante la elaboración de los recipientes de vidrio. El vidriado aportaría al cuerpo cerámico una mayor robustez, puesto que al fijarse a éste, le dota de una mayor resistencia mecánica, un segundo aporte es el de presentar una superficie lisa al tacto, muy diferente a la de las cerámicas normales, esta característica la traspasaría a las bases de los recipientes de vidrio fabricados con el molde y por último, y como ya hemos señalado anteriormente, la presencia de más de un 3% Alúmina en la composición final del vidriado le haría apta para soportar el trabajo a altas temperaturas sin sufrir grandes desgastes.

Por lo que respecta a su adscripción geográfica, los paralelos más próximos nos conducirían hacia la Península Italiana pero existen bastantes diferencias en el conjunto de los análisis del vidriado y del el cuerpo cerámico, con respecto a las producciones de cerámica vidriada de esta procedencia, que hemos podido comparar, que hacen que nos decantemos por un origen local tanto para el molde como para el vidriado.

La cerámica vidriada necesita de la conjunción de dos artes: la cerámica y el vidrio. Como hemos visto para el caso de la Galia o la Villa de Tolegassos, la cerámica vidriada se produce en un taller cerámico que cuenta con operarios que dominan el tratamiento del vidrio, pues bien el molde se halló junto a una considerable cantidad de restos cerámicos (87 fragmentos) datados en su mayoría de época altoimperial (el 66,7%) y una minoría de los siglos III y IV d.C (Aguilar Tablada, Sánchez de Prado, 2006), dentro de este conjunto se halló un molde para fabricar terra sigillata lo que indefectiblemente nos señala la existencia de un taller cerámico en Augustobriga. Dado que la funcionalidad del molde se aparta de las demás cerámicas vidriadas más enfoca-

das hacia el servicio de mesa, el consumo de vino o motivos más o menos ornamentales como lucernas o estatuillas podemos pensar que el molde muy posiblemente se fabricara para autoconsumo, es decir, sería utilizada por los mismos operarios que la fabricaron por lo que podríamos estar ante la existencia de un taller mixto de fabricación de cerámica y de vidrio.

Según Caldera de Castro (1994-95) hasta finales del primer cuarto del s. II d.C. los talleres de vidrio del suroeste peninsular dependían de los grandes centros vidrieros norditálicos, siendo a partir de esta fecha cuando los talleres locales acaban con esta dependencia debido a su propio desarrollo tecnológico y a los cambios acaecidos en sus modos de fabricación. A partir de este momento, comenzaran a imponerse los recipientes fabricados en molde, siendo los recipientes prismáticos destinados al comercio los más numerosos y definitorios de este período que duraría hasta mediados del s. III d.C.

Esta dependencia norditálica nos puede establecer un paralelo con los centros productores de cerámica vidriada de Lyon, cuyos ceramistas, en base al estudio onomástico de sus marcas, procedían de la península italiana (Desbat, Picon, 1986), por lo que podríamos aventurar que también los responsables de la producción del molde podrían tener sino una procedencia si, al menos, influencias itálicas.

El motivo geométrico de círculos concéntricos que presenta el molde analizado es un motivo frecuente y aparece en Emerita en la base de botellas de vidrio de la forma 50 Isings con el fondo cuadrado (Caldera de Castro *et al.*, 1983 y Caldera de Castro, 1994-95). Caldera de Castro (1994-95) opina que solamente eran sopladas dentro de un molde aquellas botellas que llevaban una decoración impresa en la base. La misma autora (Caldera de Castro, 1994-95, 132) publica una botella, con el número de inventario del Museo Nacional de Arte Romano nº 10.057, soplada en un molde, con el depósito prismático cuadrangular y el fondo plano decorado con tres círculos concéntricos y una perla central en relieve, con una anchura máxima de 5,1 cm. Esta botella podría ser el prototipo de las botellas sopladas en el molde analizado.

Estas botellas sopladas cilíndricas y las prismáticas de sección cuadrada, parecen estar en plena producción entre los siglos I y II d.C. Así pues, si unimos a estas dataciones la de la cronología de la producción de cerámica vidriada local de la villa de los Tolegassos, y la cronología de la mayoría de las piezas de cerámica vidriada

romana halladas en la Península creemos que el molde estaría en uso en el siglo II d.C.,

En resumen, estaríamos ante un molde para fabricar vidrio de cerámica vidriada, fabricado en un taller local, situado en Augustobriga, durante el siglo II d.C.

Isidro Martínez Mira
Dpto. Química Inorgánica
Facultad de Ciencias
Universidad de Alicante
03080 Alicante
isidro@ua.es

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR TABLADA MARCOS, B.M., 1997: "Augustobriga. Una ciudad romana bajo las aguas". *Revista de Arqueología*, 190, 38-47
- AGUILAR TABLADA MARCOS, B.M., SÁNCHEZ DE PRADO, M.D., 2006: "Evidencias de un taller de vidrio en la ciudad romana de Augustobriga (Talavera La Vieja, Cáceres)". *Lvcentvm*, XXV.
- ALARÇAO, J., 1976: "Céramique a Glaçure Plombifère". En ALARÇAO, J., DELGADO, M., MAYET, F., MOUTINHO, A., DA PONTE, S., *Fouilles de Conimbriga VI. Céramiques diverses et verres*, 39-40. París.
- ALVARADO, M., FERNÁNDEZ, J.M., ELÁZQUEZ, A., SAQUETE, J.C., 2001: "Augustobriga". *Tabula Imperii Romani*, Holo J-30, 94. Madrid.
- BALLI, A., 1961: "Cerámica romana vidriada en el Mediterráneo". *Actas del II Congreso Español de Estudios Clásicos*, 96-98. Madrid.
- BELTRÁN LLORÍS, M., 1978: *Cerámica romana. Tipología y Clasificación*. Zaragoza. 2 Vol. Ed. Pórtico
- BEN AMARA, A., SCHVOERER, M., 2006: "Interaction between Leads Glazes and Bodies: research on the mode of application of the Glazing Mixture". En *34th International Symposium on Archaeometry*, 399-404. Zaragoza.
- CALDERA DE CASTRO, P., 1983: "El vidrio romano emeritense", en CALDERA DE CASTRO, P., VELÁZQUEZ JIMÉNEZ, A., *Augusta Emerita I*, Excavaciones Arqueológicas de España nº 126. Madrid.
- CALDERA DE CASTRO, P., 1994-95: "Los recipientes prismáticos de sección cuadrada y las botellas cilíndricas: Una aproximación al método de trabajo de los talleres de vidrio romano del suroeste de Hispania". *Anas*, 7-8, 117-142.
- CALEY, E. R., 1947: Results of a Chemical Examination of Some Specimens of Roman Glaze from Tarsus. *American Journal of Archaeology*, 51, 4, 389-393.
- CASAS I GENOVER, J., MERINO I SERRA, J., 1990: "Troballes de ceràmica vidriada d'època romana a les comarques de Girona". *Cypselà*, VIII, 139-155.
- CASAS I GENOVER, J., MERINO I SERRA, J., SOLER I FUSTE, V., 1993: "Noves observacions sobre la ceràmica vidriada d'època romana de la vil.la de Tolegassos (Viladamat, Alt Empordà)". *Cypselà*, X, 129-144.
- DE BENEDETTO, G. E., ACQUAFREDDA, P., MASIERI, M., QUARTA, G., SABBATINI, L., ZAMBONIN, P.G., TITE, M., WALTON, M., 2004: "Investigation on Roman Lead Glaze from Canosa: results of Chemical Analyses". *Archaeometry*, 46, 4, 615-624.

- DESBAT, A., 1986: "Céramiques romaines à glaçure plombifère des fouilles de Lyon (Hauts-de-Saint-Just, Rue des Farges, La Solitude)". *Figlina*, 7, 105-124.
- DÍAZ RODRÍGUEZ, L.A., TORRECILLAS, R., 2002: "Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones". *Boletín de la Sociedad española de Cerámica y Vidrio*, 41, 459-470.
- DOMERGUE, C., 1987: *Catalogue des mines et des fonderies antiques de la Péninsule Ibérique*. 2 Tomos. Publications de la Casa de Velázquez, Serie Archeologie, fasc. VIII. Madrid.
- DOMÍNGUEZ MORENO, J.M., 1988: "La Alfarería Popular de Ahigal (Cáceres)". *Revista de Folklore*, 87, 75-86.
- DUBOIS, S., 2006: *Aperçu des céramiques à glaçure plombifère de l'Occident romain*. Disponible en http://galliabelgica.free.fr/cer_glaçure.htm.
- FERNÁNDEZ NAVARRO, J.M., 1991: *El Vidrio. Constitución. Fabricación. Propiedades*. CSIC-FCNV, Madrid. 2ª ed.
- GREENE, K., 1979: *Report on the Excavations at Usk 1965-1976: the Pre Flavian Fine Wares*, Capítulo 9-Glazed Wares, 86-105. Cardiff.
- GUALTIERI, S., ERCOLANI, G., RUFFINI, A., VENTURI, I., 2006: "Experimental Tests for recognizing application technology and firing conditions of Archaeological Glazed Ceramics". En *34th International Symposium on Archaeometry*, 477-482. Zaragoza.
- HATCHER, H., KACZMARCZYK, A., SCHERER, A., SYMONDS, R.P., 1994: "Chemical Classification and Provenance of some Roman Glazed Ceramics". *American Journal of Archaeology*, 98, 3, 431-456.
- HOCHULI-GYSEL, A., 1977: "Kleinasiatische glasierte Reliefkeramik (50 V. Chr. bis 50 N. Chr.) und ihre oberitalischen nachahmungen". *Acta Bernensia*, 18-20.
- LÓPEZ MOLINERO, A., CASTRO, A., PINO, J., PÉREZ ARANTEGUI, J., CASTILLO, J.R., 2000: "Classification of ancient Roman glazed ceramics using the neural network of Self-Organizing Maps". *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 367, 586-589.
- LÓPEZ MULLOR, A., 1981: "Notas para una clasificación de los tipos más frecuentes de la cerámica vidriada romana en Cataluña". *Ampurias*, 43, 201-215.
- MARTIN, A., 1992: "La ceramica invetriata romana: la testimonianza dell'Area NE delle Terme del Nuotatore ad Ostia". En PAROLI, L. (Dir.), *La Ceramica Invetriata Tardoantica e Altomedievale in Italia*, 324-329. Firenze.
- MOLERA, J., PRADELL, T., SALVADÓ, N., VENDRELL-SAZ, M., 2001: "Interactions between Clay Bodies and Lead Glazes". *Journal of American Ceramic Society*, 84, 5, 1120-1128.
- PÉREZ-ARANTEGUI, J., SOTO, M., CASTILLO, J. R., 1999: "La aplicación de la microscopia electrónica de barrido y el microanálisis por Rayos X al estudio de la cerámica vidriada". En CAPEL MARTÍNEZ, J. (Ed.), *Arqueometría y Arqueología*, 221-229. Granada.
- PÉREZ-ARANTEGUI, J., URUÑUELA, M. I., CASTILLO, J. R., 1995: "Roman Lead Glazed Ceramics: Classification of the Pottery found in the Tarraconensis (Spain), 1st-2nd Century A.D. *Fourth ECerS.Proc. 4th European Ceramic Society Conference. Vol. 14, The Cultural Ceramic Heritage, Riccione, 2-6 Oct. 1995*, 209-218.
- PÉREZ-ARANTEGUI, J., URUÑUELA, M. I., CASTILLO, J. R., 1996: "Roman Glazed Ceramics in the Western Mediterranean: Chemical Characterization by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry of Ceramic Bodies". *Journal of Archaeological science*, 23, 903-914.
- PICON, M., DESBAT, A., 1986: "Note sur l'origine des céramiques à glaçure plombifère, généralement bicolore, des II^{ème} et III^{ème} siècles, de Vienne et Saint-Romain-en-Gal". *Figlina*, 7, 125-127.
- RIBAS BERTRÁN, M., 1965: "Cerámica vidriada romana en Mataró". *Pyrenae*, 1, 155-173.
- SÁNCHEZ DE PRADO, M.D., 2006: "Un moule de bouteille carrée à Augustobriga (Cáceres, Espagne)". En FOY, D., NENNA, M.D. (Dir.), *Corpus des Signaturas et Marques sur verres antiques*, 503-504. Aix-en-Provence-Lyon.
- SINGER, F., SINGER, S.S., 1971: *Cerámica Industrial*. 3 Vols. Ed. URMO. Bilbao.
- VERTET, H., 1986: "Recherches sur les glaçures plombifères dans le centre de la Gaule". En RIVET, L. (Ed.) *Actes du Congrès de Toulouse, SFECAG, 9-11 mai 1986*, 25-32. Marseille.
- TITE, M. S., FREESTONE, I., MASON, R., MOLERA, J., VENDRELL-SAZ, M., WOOD, N., 1998: "Lead Glazes in Antiquity – Methods of Production and Reasons for use". *Archaeometry*, 40, 2, 241-260.