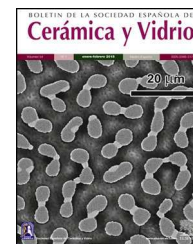


BOLETIN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
Cerámica y Vidrio

www.elsevier.es/bsecv



El horno de vidrio del siglo xvii de Sa Gerreria (Palma, Mallorca): contextualización histórica y análisis preliminar de los materiales

Miquel Àngel Capellà Galmés y Daniel Albero Santacreu*

Departamento de Ciencias Históricas y Teoría de las Artes, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 16 de febrero de 2015

Aceptado el 18 de junio de 2015

On-line el 3 de julio de 2015

Palabras clave:

Tecnología

Vidrio

Arqueometría

Materias primas

Patrimonio cultural

R E S U M E N

En este trabajo se analizan los materiales pertenecientes al horno de vidrio de Sa Gerreria (Palma) de la segunda mitad del siglo xvii. Por un lado, se presenta la información histórica disponible acerca de este taller y de la gestión de las materias primas que se hacía en el periodo estudiado. Por otro, se especifican el tipo de materiales producidos en dicho obrador y se realiza un análisis de los fragmentos de masa vítrea, frita y escoria recuperados —así como de algunas piezas de vidrio— con microscopio electrónico de barrido y dispersión de energía de rayos X (MEB-EDS) con el objetivo de caracterizar la composición química y las características de las materias primas utilizadas y aproximarnos a algunos de los procesos técnicos empleados por los vidrieros mallorquines del siglo xvii.

© 2015 SECV. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

The glass furnace of the 17th Century of Sa Gerreria (Palma, Mallorca): Historical context and preliminary analysis of the materials

A B S T R A C T

In this paper the materials of the glass furnace of Sa Gerreria (Palma) dated in the second half of the 17th Century A.D. are analysed. On the one hand, we discuss the available information regarding this glass workshop as well as the raw material management strategies made during the studied period. On the other hand, we focus on the materials produced by this workshop and we carry out a preliminary archaeometrical analysis of the glass lumps, frits and slags recovered —as well as some glass pieces— by means of scanning electron microscope and X-ray dispersive energy. The final aim is to characterise the chemical composition and the properties of the raw materials used in this workshop as well as to approach some of the technical processes put in practice by the glass makers who inhabited Mallorca during the 17th Century.

© 2015 SECV. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Keywords:

Technology

Glass

Archaeometry

Raw materials

Cultural heritage

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: d.albero@uib.es (D. Albero Santacreu).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.bsecv.2015.06.001>

0366-3175/© 2015 SECV. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El vidrio español de los siglos *xvi* y *xvii* estuvo determinado a nivel estilístico por la calidad y la creatividad de los productos elaborados por las manufacturas catalanas, sitas en el binomio manufacturero Barcelona-Mataró [1]. Unas obras que fueron apreciadas por la nobleza peninsular [2] y elogiadas en la literatura de la época, por ejemplo en los textos del geógrafo portugués Gaspar Barreiros (1569) o en alguna de las obras de Tirso de Molina (1635). Además, estos vidrios se exportaron no solo a Castilla, sino también vía Sevilla a los muelles americanos [3]. La influencia veneciana es evidente en la producción de los talleres más avanzados en Cataluña [4], que interpretaron esta moda realizando una fusión con las particularidades de la fuerte tradición local [5]. La circulación de artesanos y objetos probablemente provocó la difusión de ideas y técnicas por los territorios de la antigua Corona de Aragón, como demuestran algunas investigaciones recientes [6].

El puerto de la Ciudad de Mallorca, situado en un enclave estratégico de las rutas del Mediterráneo occidental, participó de manera activa en estos intercambios técnicos y culturales. En esta ciudad, aunque con poca fortuna al parecer, estuvieron enseñando a los vidrieros insulares durante varios años a inicios del siglo *xvii* Domingo Barovier y su hijo, miembros de una de las familias más importantes de Murano [7]. En este marco, el estudio de los materiales del horno de Sa Gerreria que aquí presentamos permitirá profundizar en el conocimiento de las producciones regionales que orbitaron en torno a Barcelona. Las obras realizadas en Mallorca no estuvieron aisladas, al contrario, las técnicas empleadas y los tipos fabricados se vieron influenciados por los talleres que se desarrollaban en el entorno más cercano: los catalanes y los venecianos.

Este trabajo supone una primera aproximación a las técnicas usadas para elaborar las piezas de vidrio y a las características de las materias primas utilizadas por los vidrieros de Mallorca durante el siglo *xvii* a partir de 2 estrategias. Por un lado, se va a realizar un estudio textual mediante la información contenida en las fuentes históricas y documentales disponibles. Por otro lado, se va a llevar a cabo un primer análisis arqueométrico de los restos hallados en el horno de Sa Gerreria con el fin de profundizar en la composición de las producciones regionales que orbitaron alrededor de Barcelona y otros centros industriales. Aunque cronológicamente este horno se sitúa en la fase de inicio de decadencia de estas manufacturas catalanas, el análisis químico y microestructural de sus materiales nos va a permitir conocer algunas de las técnicas utilizadas por los artesanos para confeccionar las piezas de vidrio, así como determinar la composición de la masa vítrea utilizada como materia prima en uno de los escasos talleres de vidrio constatados arqueológicamente en Mallorca. Esta información nos va a permitir confirmar, refutar o matizar aquella información obtenida a través del estudio de los textos históricos y generar un conocimiento más sólido que integre también el propio análisis de la materialidad.

Contextualización histórica

Los restos del horno de vidrio de Sa Gerreria

Los materiales vítreos analizados en este trabajo se conservaban en un recipiente cerámico que fue recuperado durante las excavaciones arqueológicas efectuadas en el barrio de Sa Gerreria, situado en el centro histórico de la ciudad de Palma. La ejecución en esta zona del Plan Especial de Reforma Interior (PEPRI) generó una transformación radical de la arquitectura situada entre la calle Socors, Forn d'en Vila, Ballester y Gerreteria que afectó también al subsuelo. La campaña arqueológica sistemática realizada durante la ejecución de este plan documentó numerosas estructuras de tipo industrial que desde la Edad Media se habían ido instalando en este sector de la ciudad, en especial las relacionadas con la alfarería, actividad que da nombre al barrio [8].

La tinaja hallada parece corresponderse con una estructura asociada a un horno de vidrio que dio nombre a la Calle del Vidrio, desaparecida en esta reforma urbana, que antes se denominaba *Forn del Vidre Vell* [9]. En el vecindario de 1729-1730, la manzana 151, donde estaba situado este taller, recibía el nombre del «horno del vidrio viejo», topónimo urbano utilizado en varias ocasiones a lo largo de la historia de la ciudad para denominar la zona donde se hallaba un obrador que en el momento de redacción del documento escrito ya no estaba activo [10].

El recipiente estaba enterrado en el suelo, en una zona que se caracterizaba por la escasa potencia del sedimento y la presencia de roca natural, que aparecía justo debajo de algunos pavimentos contemporáneos. Incluso en algunas zonas, los niveles de uso de las plantas bajas actuales se habían conseguido mediante el recorte de la roca, circunstancia que repercutió en la destrucción del resto de las estructuras arquitectónicas del taller. En el interior de este depósito, además de múltiples indicadores de esta actividad artesanal, aparecieron algunos fragmentos de cerámicas elaboradas en Pisa con decoración jaspeada y esgrafiada, que permiten hacer una datación relativa del conjunto hacia mediados o segunda mitad del siglo *xvii* [11]. También había una moneda de cobre muy deteriorada, un *dobler* mallorquín de Felipe IV (1621-1665), que posibilita reafirmar el marco cronológico propuesto para el uso de esta infraestructura [12,13]. Puede descartarse asimismo que este taller funcionase más allá del primer tercio del siglo *xviii*, ya que entre los materiales recuperados no se ha identificado ningún fragmento de cristal, material que es muy frecuente en los contextos arqueológicos y en las casas de la época, como se puede inferir de la documentación de archivo de mediados de la misma centuria.

Los numerosos vestigios relacionados con el contexto productivo del vidrio se hallan en muy buen estado de conservación, ya que no estaban en contacto directo con el sedimento y, por consiguiente, no han sufrido ningún proceso de degradación [14]. La función de este depósito dentro de la estructura del obrador no está muy clara. Por la disparidad de su contenido parece que en él se acumulaban desechos procedentes de las diversas labores de los maestros vidrieros. Otra de las



Figura 1 – A) Fragmentos de masa vítrea de color verde con el mismo patrón estandarizado de rotura. B) Fragmentos irregulares de frita que presentan defectos de fusión. C y D) Restos de elaboración de vidrio de color verde y violeta de diversas tonalidades.

dificultades en su interpretación radica en poder discriminar el lapso de tiempo con el que se relacionan estos materiales, es decir, si pertenecen a un período de actividad corto, por ejemplo anual, o más prolongado.

Entre los restos debemos señalar la presencia de algunos fragmentos de herramientas, como son un borde y diversos pedazos informes de crisoles, además de trozos de metales que podrían ser punteles y otros instrumentos utilizados para el soplado artesanal del vidrio. El conjunto más importante de materiales (3.808 g) consiste en masa vítrea de diversas tonalidades de color verde, melado, violeta y azul. La gran mayoría responden a un patrón estandarizado de rotura, presentando unas dimensiones similares entre 2 y 5 cm de longitud. La presencia de impactos directos sobre ellos sugiere que quizá fueron hechos con una maza metálica (fig. 1A). El análisis macroscópico determina la existencia de un modelo de fractura concoidea, característica de los patrones de impacto y rotura de los vidrios. Esto demuestra la voluntad de los artesanos por conseguir fragmentos de unas dimensiones regulares para ser luego depositados en los crisoles con el fin de realizar el afinado de la masa vítrea y el posterior soplado de objetos. En el taller medieval de la Seube (Heráult, Francia) se ha documentado un espacio específico destinado al picado de la frita con materiales parangonables [15]. También se constatan otros fragmentos que presentan un aspecto externo más heterogéneo y que muestran defectos de la fusión (1.417 g), siendo probable que estos sean restos de la frita (fig. 1B).

El proceso técnico de elaboración de piezas se ejemplifica en la variedad de restos existentes (fig. 1C): gotas o lágrimas de color verde oscuro y claro, violeta, melado e incoloro (2.324 g); trozos planos con un extremo doblado sobre el otro, hilos

tubulares, hilos planos alargados con el interior convexo y el exterior cóncavo, que probablemente son el resultado de cortes con tijeras y otros restos que se identifican por las marcas de pinzas. Algunos de estos elementos tecnológicos son similares a los localizados en la factoría de Cesson-Sévigné (Rennes, Francia) de finales del siglo III-IV [16], el horno de Sant Fost en Cataluña, del siglo XIV [17], o la vidriería de Monte Lecco (Génova, Italia) de finales del siglo XIV [18]. Asimismo, se recuperó una cantidad considerable de vidrio plano (1.938 g). El último grupo conservado dentro de la tinaja lo constituyen restos de piezas, probablemente recogidas y almacenadas para proceder a su reciclado.

La capacidad de formulación del obrador, a tenor de los restos estudiados, se reduce a diferentes tonalidades de color verde y melado, un vidrio que debemos asociar con una producción de tipo industrial, sencilla, de uso común y bajo precio. Sin embargo, entre las muestras hay un pequeño bloque de color azul, utilizado para realizar piezas y también decoraciones sobre objetos incoloros, que señalaría que se producían obras de mayor calidad. El vidrio de color violeta es otra de las gamas relacionables con la manufactura catalana de vidrio suntuario de calidad entre los siglos XVI y XVII [19]. Es indudable, por la gran cantidad de elementos de esta masa, que el taller soplaba piezas de este tono, un hecho que vemos también corroborado por los numerosos desechos producidos durante la elaboración formal, con marcas de las herramientas (fig. 1D). Además, entre las piezas recuperadas hay un fragmento de base violeta y un minúsculo trozo de lo que parece ser un asa de cinta. Este vidrio puede relacionarse con los objetos descritos en los inventarios notariales de la época con el término «leonado» (*leonat* o *leonart* en catalán). Se trata de

un color de pasta melada o amarilla rojiza que podía llegar al violeta. La mezcla está transcrita en un recetario mallorquín conservado en la Biblioteca Balear (Monasterio de la Real, Palma) que recoge composiciones anteriores a 1841. Esta es la única fecha consignada en el documento; sin embargo, este puede ser del siglo precedente, ya que recopila fórmulas utilizadas por varias generaciones, como lo atestigua el uso de letras de diferente cronología. La receta de esta tonalidad nos indica que por cada onza de manganeso debía incorporarse una libra de barrilla. En lo que se refiere a la piedra correspondiente a la cantidad de fundente, esta se podía cocer tanto en mezcla de vidrio verde como en vidrio incoloro. Además, si la masa no tenía suficiente color morado se debía añadir más porción de manganeso, pero procurando no llenar el crisol, ya que era muy previsible que se derramase [20].

Los objetos conservados en colecciones públicas y privadas de esta coloración son relativamente escasos. Sin la intención de realizar un corpus exhaustivo, podemos señalar que una de las piezas más antiguas es un cuenco con pie de la colección Prats-Sedó (Institut Amatller d'Art Hispànic, Barcelona), fechado a inicios o primera mitad del siglo xvi y elaborado en Venecia o Cataluña, con decoración de costillas, *mezzastampatura* e hilo de vidrio *lattimo* [21]. A este ejemplar se suma una jarra de fines del siglo xvi de manufactura catalana, con el cuello acostillado, decorado con un cordón con improntas y filetes blancos de *lattimo*, además de tener el asa pinzada. También es posible relacionar unos fragmentos —probablemente de una botella— localizados en la intervención arqueológica de Can Pont i Vich (Palma), que tienen ornamentos de hilos de *lattimo a penne*, datados por el resto de materiales arqueológicos de la excavación en el siglo xvii [22]. Finalmente, por las similitudes formales con la base recuperada en este contenedor, debemos citar una servidora del Museu del Vidre del Castell de Peralada, de producción catalana, que está fechada entre 1650 y 1750. En este sentido, la existencia de esta materia base y la confirmación, como veremos posteriormente, de su probable elaboración en el taller de Sa Gerreria, obligará a la historiografía a considerar la posibilidad de la existencia de una producción mallorquina de piezas con esta tonalidad de la masa y a no adscribir sistemáticamente todos los ejemplares al contexto de Barcelona.

Abastecimiento de materias primas en la producción de vidrio en Mallorca

El estudio de la composición química de los vidrios de época moderna debe complementarse con las múltiples evidencias históricas aportadas por la documentación de archivo y las fuentes bibliográficas. Las fuentes consultadas señalan que la masa vítrea podía comprarse ya elaborada, facilitando el ciclo productivo del taller de recepción, aunque este se trata de un modelo más propio de la Antigüedad, siendo residual en la Baja Edad Media [23]. En Mallorca se han documentado 2 casos, uno correspondiente al último tercio del siglo xvi y otro de inicios del xvii, en que se adquiere material para refundir, circunstancia que creemos que está ligada a la búsqueda de un producto de mayor calidad, que el que se podía conseguir con las materias primas locales.

La provisión de sílice se realizaba en la parte norte de la isla de Mallorca, en concreto en la zona de Banyalbufar, en

la Serra de Tramuntana, donde abunda una arenisca de cuarzo asociada a depósitos del *Buntsandstein* (Triásico inferior). Son diversos los datos que permiten confirmar la explotación de estos recursos durante varios siglos: en 1413, el maestro vidriero Nicolau Coloma tenía alquilada un alquería en la misma ubicación; posteriormente, en 1507 se prohibía la extracción irregular de «piedra de vidrio», mientras que un inventario de un maestro vidriero del siglo xvii fija esta misma procedencia, denominándolo *savell*, término que el geógrafo José de Vargas Ponce recogió en su descripción de las islas escrita en 1761 como «livell o piedra de vidrio» [24]. El abastecimiento continuado de material de esta comarca se mantuvo hasta finales del xix, como corrobora el erudito local Antonio Furió al indicarnos que «los jaspes y la piedra berroqueña son aquí muy comunes, y nuestras fábricas de vidrio se aprovechan del *savell* y de las piedras de amolar» [25]; unos datos que son similares a los del diccionario de Madoz [26]. Esta extracción ininterrumpida de la piedra de una misma cantera, dilatándose durante varios siglos, es común en otros territorios europeos [27].

El fundente utilizado en la elaboración de la masa vítrea se conseguía con la quema de plantas barrilleras, propias de las franjas costeras mediterráneas. La sosa (carbonato sódico) en el siglo xvii se obtenía de diversas procedencias con gran disparidad de precios, de forma similar a lo que pasaba durante la Baja Edad Media [28], circunstancia que debía reflejarse en las calidades del vidrio e incluso en las composiciones de un taller a lo largo de su existencia. En gran parte la sosa se elaboraba en Mallorca, como demuestra una súplica presentada en 1628 por Ramón Pastor Zaforteza ante el gobierno insular, en la que se reclamaba un incremento y protección de la producción de esta materia, ya que diferentes negociantes franceses perjudicaban a las industrias del jabón y del vidrio, al haber acaparado grandes cantidades destinadas a la exportación [29]. En el sur de la isla, en concreto en la zona de las salinas de Campos, se fabricaba la barrilla utilizada en los hornos locales, como se especifica en un contrato de 1639 [30]. Esta procedencia, asociada a una intensificación de la elaboración a lo largo del siglo xvii, se prolonga hasta el xix. Aunque esta materia se producía en la isla de forma regular, también se importaban cuantías considerables de sosa y barrilla desde Alicante, en especial debido al auge de la confección de jabón en la isla. La variabilidad de las procedencias estaría ligada a la disponibilidad y a la calidad del producto, que, en ocasiones, podía ser incluso adulterado por los comerciantes.

El reciclaje de vidrio está bien constatado en las Baleares, tanto en época medieval como moderna, de manera similar al resto de Europa. Como ejemplo más evidente, podemos citar que en 1674 el inventario *post mortem* del vidriero Sobrats computó en su obrador 10 quintales de vidrio roto, que equivaldrían a unos 407 kg [14]. El suministro de vidrio para reciclar está en conexión con la comercialización de piezas nuevas realizada por los vendedores ambulantes o por las tiendas urbanas, que añadían a la compra algunos objetos extra a cambio del material deteriorado que se guardaba en las viviendas dentro de cestos. Esta costumbre introduce un factor de mutabilidad en la composición de un mismo taller que debe ser tenido en cuenta en los análisis arqueométricos de obras de esta época, ya que el calcín podría estar formado por elementos producidos localmente pero también por otros de

Tabla 1 – Composición química (% peso) normalizada al 100% de las muestras de masa vítrea analizadas mediante MEB-EDS (n.d. = no detectado)

	Color	Na ₂ O	MgO	SiO ₂	P ₂ O ₅	Cl ⁻	K ₂ O	CaO	MnO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
MO-2	Verde oscuro	11	3,6	65,1	n.d.	0,7	3,3	10,8	n.d.	2	3,5
MO-3	Verde	10,6	4,1	64	0,6	0,5	3,9	9,3	n.d.	2,1	4,9
MO-4	Violeta	9,9	3,6	65	0,4	0,6	2,8	11,4	0,9	1,6	3,8
MO-14	Azul	13	4	59,1	0,6	0,8	3,1	11,1	1,4	2,2	4,7
MO-13	Verde oscuro	4,7	1,4	78,5	n.d.	0,9	3	5,1	n.d.	1,7	4,7
MO-5	Verde	5,6	2,5	71,6	0,5	0,3	3,1	8,2	1	1,9	5,3

importación, tanto de vidrio suntuario como de piezas comunes.

La cal (óxido de calcio) es imprescindible en la formulación al estabilizar el objeto acabado, además de bajar la temperatura de fusión y evitar la opacidad del vidrio. A pesar del importante papel que esta tiene dentro del proceso de producción, se trata de un componente imperceptible en los registros escritos de la época. Solo se incorpora de manera consciente en el siglo XVIII, momento hasta el cual se había introducido de forma fortuita en pequeñas proporciones como impureza dentro de la mezcla vitrificable. No parece, basándonos en la documentación, que los vidrieros insulares supiesen el efecto estabilizante del óxido de calcio y de magnesio, como tampoco se conocía en el contexto veneciano [31]. Asimismo, los colorantes manejados en el período son difíciles de corroborar, ya que no se reflejan sus transacciones al tratarse de cantidades muy reducidas.

Análisis arqueométrico de los materiales del horno de Sa Gerreria

Selección de muestras y metodología experimental

Dada la amplia variedad de tipos de restos materiales documentados en esta vasija del horno de vidrio de Sa Gerreria, hemos seguido 2 estrategias para seleccionar las muestras a analizar. En primer lugar, se han elegido 5 nódulos de masa vítrea y un resto de frita, con la intención de aproximarnos a las características de las materias primas utilizadas y las pastas preparadas en este taller. Además de estas masas vítreas, se ha analizado también un resto de escoria. En segundo lugar, se han examinado algunas de las piezas con el objetivo de caracterizar algunos de los procesos técnicos desarrollados por los artesanos. Queda pendiente, por tanto, para futuros trabajos el análisis completo de las piezas halladas en este taller de vidrio, análisis que supera los objetivos del presente artículo.

El estudio de los materiales se ha centrado fundamentalmente en analizar su composición química mediante MEB-EDS. Para ello, los elementos mayoritarios y algunos minoritarios de las muestras seleccionadas se han determinado mediante dispersión de energía de rayos X utilizando un sistema de microanálisis RX-EDS *Brooker AXS XFlash 4010* acoplado a un microscopio electrónico de barrido *Hitachi S-3400-N*, usando 15 kV de tensión de trabajo y el software *Quantax 400* para realizar la cuantificación. Este método de análisis ha permitido caracterizar eficientemente la composición química

de los materiales, si bien hay que señalar que los elementos traza no se han podido registrar con la técnica empleada, pues el instrumento posibilita detectar únicamente aquellos elementos que se presentan en un peso superior al 0,3% del total de la muestra. Los resultados han sido normalizados al 100%. De cada muestra se han realizado 2 microanálisis en diferentes puntos de su superficie y sobre corte limpio para evitar el registro de contaminaciones posdeposicionales. Las concentraciones consignadas (tabla 1) se relacionan con la media obtenida de los 2 análisis realizados para cada elemento presente en la muestra. Adicionalmente, se ha efectuado el estudio de la microestructura de las masas vítreas y otras piezas con el microscopio electrónico de barrido utilizando electrones retrodispersados (MEB-BSE) y electrones secundarios (MEB-SE).

Finalmente, la escoria de vidrio ha sido analizada mediante difracción de rayos X (DRX) en la muestra total con el fin de determinar su naturaleza y composición mineralógica. Para ello se ha utilizado un difractómetro *Siemens D-5000* (radio = 240 mm) usando la radiación K α del Cu ($\lambda = 1,5405 \text{ \AA}$), como eje incidente, y un monocromador de grafito de haz difractado. Las condiciones de trabajo han sido de 45 kV y 40 mA. Las medidas $\theta/2\theta$ se realizaron entre 3 y 70° 2 θ con un tiempo de 3 s para cada paso.

Resultados de los análisis de las masas vítreas, muestras de frita y escoria

El análisis de las muestras de masa vítrea recuperadas (tabla 1) evidencia la preparación en el taller de una materia prima con niveles poco elevados de potasio ($K_2O < 3,9\%$) y con niveles altos de calcio ($CaO > 5,1\%$). Si bien existen algunas variaciones dentro del conjunto de masas vítreas, el grupo de muestras analizadas ha mostrado una distribución normal en muchos de los óxidos estudiados. Ello lo demuestra el bajo coeficiente de variación de Pearson observado en los valores de SiO_2 , K_2O , Fe_2O_3 y Al_2O_3 (tabla 2). Este coeficiente, empleado usualmente en investigaciones de arqueología y arqueometría [32], constituye una herramienta sencilla para solucionar ciertos problemas que presenta la desviación estándar a la hora de estudiar la dispersión de los valores obtenidos, así como para apreciar si existe un comportamiento normal de los datos arqueológicos. Hemos considerado que la distribución normal es significativa por debajo del valor 0,2 o 20%.

Las principales variaciones apreciadas dentro del conjunto de muestras analizadas se relacionan con las diferentes concentraciones de Na_2O , MgO , SiO_2 y CaO presentes en la masa vítrea. Por un lado, se observa un grupo de 4 muestras

Tabla 2 – Datos estadísticos descriptivos de los porcentajes obtenidos del análisis con MEB-EDS de las muestras de masa vítrea. Se incluye también el coeficiente de variación (CV) de Pearson obtenido para cada elemento

Especie química	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	CV
Na ₂ O	4,7	13	9,1	3,2	0,35
MgO	1,4	4,1	3,2	1	0,31
SiO ₂	59,1	78,5	67,2	6,8	0,10
Cl ⁻	0,3	0,9	0,6	0,2	0,33
K ₂ O	2,8	3,9	3,2	0,4	0,12
CaO	5,1	11,4	9,3	2,4	0,25
Fe ₂ O ₃	1,6	2,2	1,9	0,2	0,10
Al ₂ O ₃	3,5	5,3	4,5	0,7	0,15

(MO-2, MO-3, MO-4 y MO-14) de diferente color —incluyendo las muestras de color azul y violeta señaladas anteriormente— con valores altos y muy similares de sodio que oscilan entre el 9,9 y el 13%. Por otro lado, se constata un grupo de 2 muestras (MO-13 y MO-5) que tienen concentraciones mucho más bajas de este elemento ($\text{Na}_2\text{O} < 5,6\%$). El mismo comportamiento altamente variable y con una clara correspondencia con las 2 agrupaciones de masas vítreas definidas se documenta también para el MgO. Las 4 muestras señaladas poseen concentraciones muy similares de MgO (3,6-4,1%), mientras las otras 2 masas vítreas presentan porcentajes significativamente inferiores de este óxido ($\text{MgO} < 2,5$). Es especialmente significativa la escasa concentración de magnesio constatada en los microanálisis realizados sobre la muestra MO-13 ($\text{MgO} = 1,4\%$). Esta clara diferenciación en 2 tendencias composicionales para las masas vítreas se confirma también para

los niveles de SiO₂. Mientras las 4 muestras ya comentadas tienen valores muy parecidos de SiO₂ (59,1-65,1%), las otras 2 presentan concentraciones más elevadas de este elemento (71,6-78,5%). Finalmente, se constata que el grupo de 4 masas vítreas poseen unas concentraciones de óxido de calcio ligeramente superiores ($\text{CaO} = 9,3$ -11,1%) si las comparamos con las obtenidas para la muestra MO-5 ($\text{CaO} = 8,2\%$) y, especialmente, la MO-13 ($\text{CaO} = 5,1\%$). Probablemente, las concentraciones de este óxido constatadas en las masas vítreas estudiadas ya estaban presentes en la materia prima de la que se obtenía la sílice de forma natural [33]. Podemos señalar que la variabilidad documentada en todos estos elementos queda patente en el coeficiente de variación (CV) obtenido para los mismos, siendo muy superior a 0,2 en lo que se refiere a los valores de Na₂O (CV=0,35) y MgO (CV=0,31) y ligeramente superior para el óxido de calcio (CV=0,25). Todos los datos

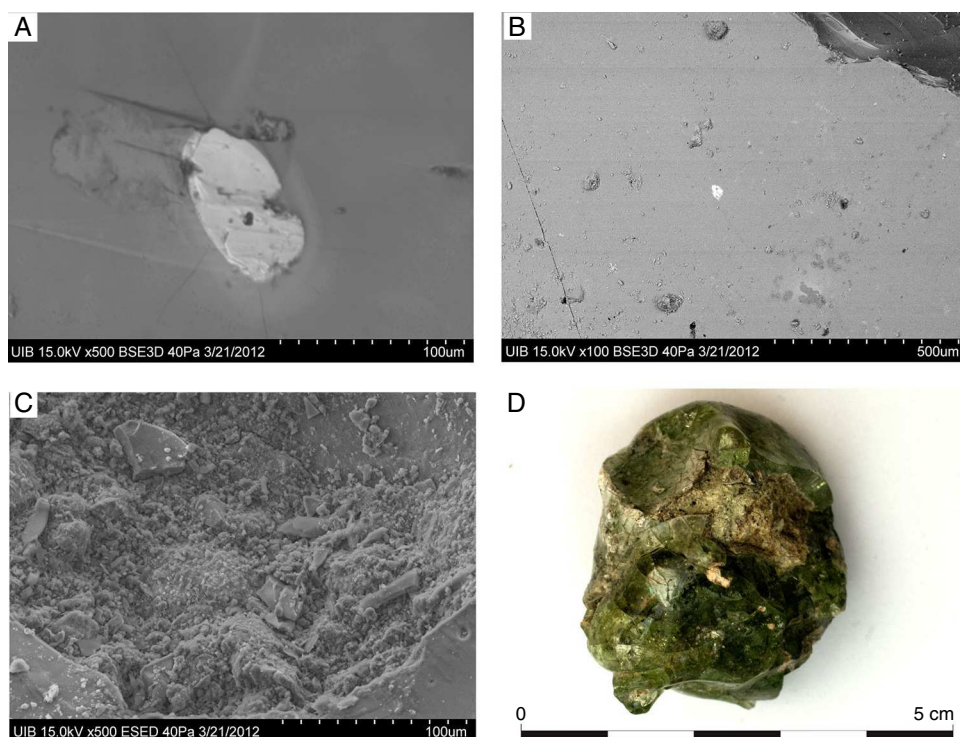


Figura 2 – A) Imagen MEB-BSE de la muestra de masa vítrea MO-2 mostrando una impureza que ha presentado altas concentraciones de plomo y zirconio. B) Imagen MEB-BSE de la muestra de frita MO-5 mostrando una impureza que ha presentado altas concentraciones de plomo. C) Imagen MEB-SE de la muestra MO-13 mostrando cristales de óxido de calcio utilizado como estabilizante deficientemente incorporado en el vidrio. D) Muestra MO-5 en la que se aprecia el estabilizante fundido deficientemente en la masa vítrea.

disponibles evidencian que esta alta variabilidad dentro del conjunto analizado es introducida por las concentraciones diferenciales de las muestras MO-5 y, especialmente, MO-13, siendo la composición del resto de masas vítreas muy similar entre sí.

En definitiva, hay un grupo de 4 masas vítreas que se muestra muy homogéneo en su composición. Esta homogeneidad composicional nos permite sugerir la probable vinculación de estas muestras con la producción de masa vítrea que desarrollaba el propio horno de Sa Gerreria, descartando que estas procedan de un taller secundario que refundiese materiales importados desde otros territorios vía comercio marítimo. En cualquier caso, dentro del conjunto analizado se observa que la muestra MO-13 es claramente discordante del resto de masas vítreas en lo que se refiere a las concentraciones de Na_2O , MgO , SiO_2 y CaO (tabla 1). Aunque queda pendiente una confirmación más robusta a partir del análisis de más ejemplares y de la caracterización de los elementos traza de la muestra, las diferencias constatadas en óxidos como el Na_2O y el MgO podrían relacionarse, como atestiguan las fuentes escritas, con una procedencia diversa de la sosa empleada por los vidrieros en este periodo, incluso dentro de un mismo taller. En este sentido, otros estudios arqueométricos [34] han señalado que las divergencias en las concentraciones de estos elementos pueden explicarse por el uso de cenizas de plantas distintas utilizadas como fundentes.

En los análisis realizados con MEB-EDS se han podido identificar también restos de partículas infundidas, que deben relacionarse con materiales contenidos en la materia prima seleccionada que no se han fusionado con la masa vítrea, dando lugar a impurezas. Por un lado, se ha identificado en el fragmento de masa vítrea MO-2 la existencia de un cristal de circón (fig. 2A), como puede deducirse de las altas concentraciones de zircón ($\text{Zr}=59,9\%$) y silicio ($28,3\%$) detectadas en el mismo. Por otro lado, en la masa vítrea MO-5 se observa una partícula (fig. 2B) que ha ofrecido concentraciones muy altas de plomo ($16,6\%$) y hierro ($7,1\%$), junto con calcio (35%) y silicio ($23,4\%$) en el microanálisis realizado de la misma. En esta misma muestra de color verde intenso se constata una partícula muy rica en hierro ($10,8\%$) y titanio ($3,6\%$), junto con calcio (27%) y silicio ($43,2\%$). En ella se ha observado además un cristal rico en hierro entre la masa vítrea. Las impurezas que presenta en el núcleo se relacionan con un aglomerado compuesto de sulfato de calcio, silicatos, hierro, óxido de calcio y cristales aislados de plomo y titanio.

Por un lado, algunos de estos elementos parecen estar claramente vinculados con impurezas (p.ej., circón y titanita) presentes en las arenas utilizadas como materia prima que no se han fusionado con la masa [35]. En este sentido, para una mejor caracterización de la procedencia de las recursos utilizados en la producción y de manera similar a los estudios elaborados con el vidrio de Murano (Venecia, Italia) [31], podría resultar de utilidad realizar en un futuro análisis composicionales de las areniscas potencialmente utilizadas como materia prima que señalan las fuentes escritas con el fin de comparar su composición y las impurezas observadas en las mismas con las observadas en la masa vítrea. Por otro lado, la presencia de todas estas impurezas sugiere que, en general, las muestras analizadas deben relacionarse con una materia prima mal procesada y con una deficiente incorporación

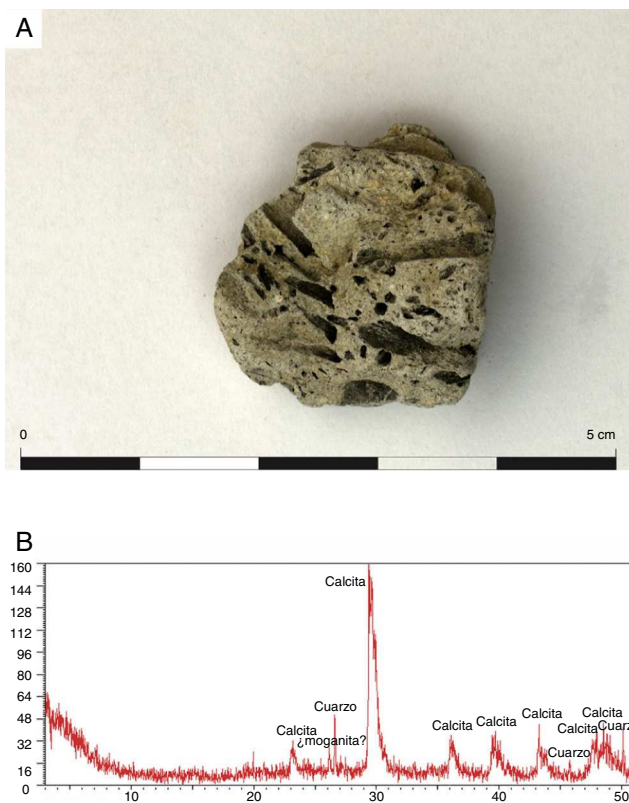


Figura 3 – A) Fragmento de escoria de vidrio (MO-01). B) Difractograma de rayos X sobre muestra total mostrando la composición mineralógica de la muestra MO-01.

dentro de la mezcla vitrificable del estabilizante utilizado (fig. 2C), probablemente debido a que se trata de muestras no afinadas. Este tipo de procesos en los que el estabilizante se incorpora de forma deficiente en el vidrio fundido puede observarse incluso macroscópicamente en el fragmento de frita MO-5 (fig. 2D).

Finalmente, el análisis de DRX de la muestra pétrea procedente del horno MO-01 (fig. 3A,B), que tal vez puede tratarse de un residuo o escoria eliminado por los vidrieros durante la elaboración de la frita o su posterior afinado, señala que su composición mineralógica consiste fundamentalmente en calcita y sílice (SiO_2), básicamente cuarzo y probablemente un pico de moganita (polimorfo del cuarzo) a $3,39 \text{ \AA}$.

Discusión de los procesos técnicos detectados

Entre los procesos técnicos detectados con el análisis realizado con MEB-EDS se ha podido observar un fragmento de base de un objeto incoloro de forma indeterminada (MO-99) que presenta en su centro una veta de color violeta difuminado (fig. 4A). Como ya hemos visto anteriormente, el taller elaboraba masa vítrea de este tono, aunque no creemos que se trate de un veteado que se haya introducido intencionadamente para conseguir una ornamentación; de hecho desconocemos la existencia de producciones de época moderna decoradas de esta forma, aunque en cambio sí se daban en la Antigüedad [36]. Más bien puede ser la consecuencia de un proceso imperfecto de decoloración con bióxido de manganeso o bien

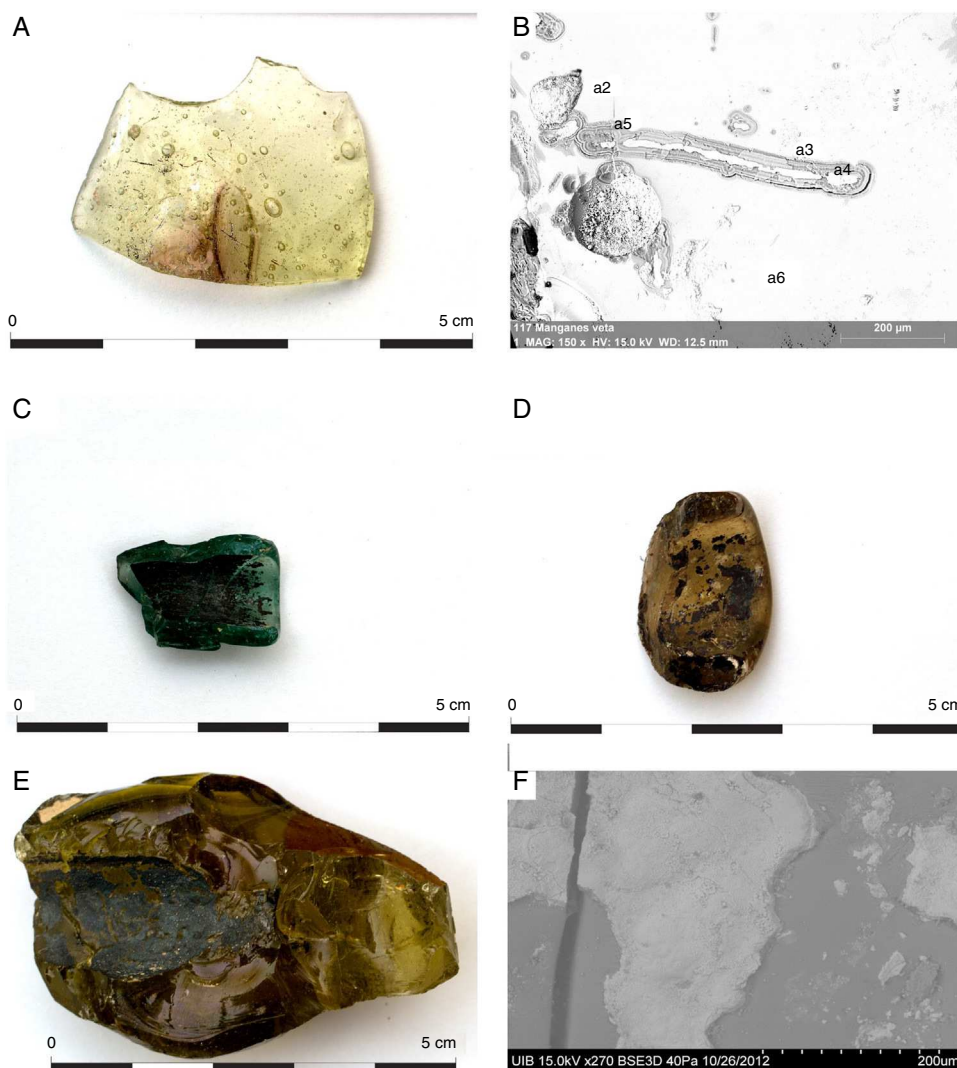


Figura 4 – A) Base de una pieza incolora con restos de color violeta. **B)** Imagen MEB-BSE de la muestra MO-99 con los puntos en los que se han realizado los microanálisis. **C)** Fragmento de vidrio (MO-40) de forma semicircular con restos de metal adheridos. **D)** Fragmento de vidrio (MO-68) con restos de metal adherido. **E)** Fragmento de vidrio (MO-98) con restos de metal adherido. **F)** Imagen MEB-BSE de la muestra MO-40 con una capa con altas concentraciones de hierro.

el producto de la intrusión de vidrio mediante la caña o un puntel de 2 crisoles con masas vítreas de color diferente. Se han efectuado 6 análisis en varias zonas de la veta (fig. 4B), dando como resultado una elevada concentración de manganeso (16,4%) en el centro (punto a4), mientras que en el resto de puntos analizados las concentraciones oscilan entre el 1,3 y el 3%.

Entre los residuos del trabajo de los vidrieros hemos identificado diversas evidencias tecnológicas que son el producto de la operación de limpieza de la caña de soplar o del puntel (figs. 4C-E), como se puede ver en la plancha VII de la *Encyclopédie* de Diderot y d'Alembert o en la actividad de cualquier taller artesanal contemporáneo [37]. Se trata de fragmentos de vidrio explosionados de las herramientas metálicas, que en francés se denominan *meule* y en italiano *colletti* [33]. Tanto las cañas como los punteles tienen que caldearse para que el vidrio se pegue sobre ellos, un procedimiento que provoca el debilitamiento y posterior desgaste del instrumento. En 2 de

estos ejemplares, la observación con lupa binocular permitía apreciar una fina capa de color negro adherida al vidrio. El posterior análisis de esta capa de la muestra MO-40 con MEB-EDS ha permitido constatar que se trata de metal, documentándose concentraciones muy altas de hierro (fig. 4F).

Los fragmentos MO-80 (fig. 5A,B) y MO-81 (fig. 5C) están decorados con hilos o cordones de vidrio *lattimo* o blanco opaco insertos dentro de una masa incolora. Se trata de una de las decoraciones inventadas por la vidriería veneciana a mediados del siglo XVI, que fue asimilada por los obradores catalanes más avanzados prácticamente de manera coetánea entre 1550 y 1640. A tenor de los análisis químicos realizados hasta el momento, no se puede afirmar con total seguridad que esta factoría dominase dicha técnica, ya que podría tratarse de 2 trozos de objetos que llegaron hasta el taller con otros materiales reciclados adquiridos, como era costumbre en la época investigada. Sin embargo, el estudio con microscopía electrónica ha permitido contrastar la calidad de la inserción

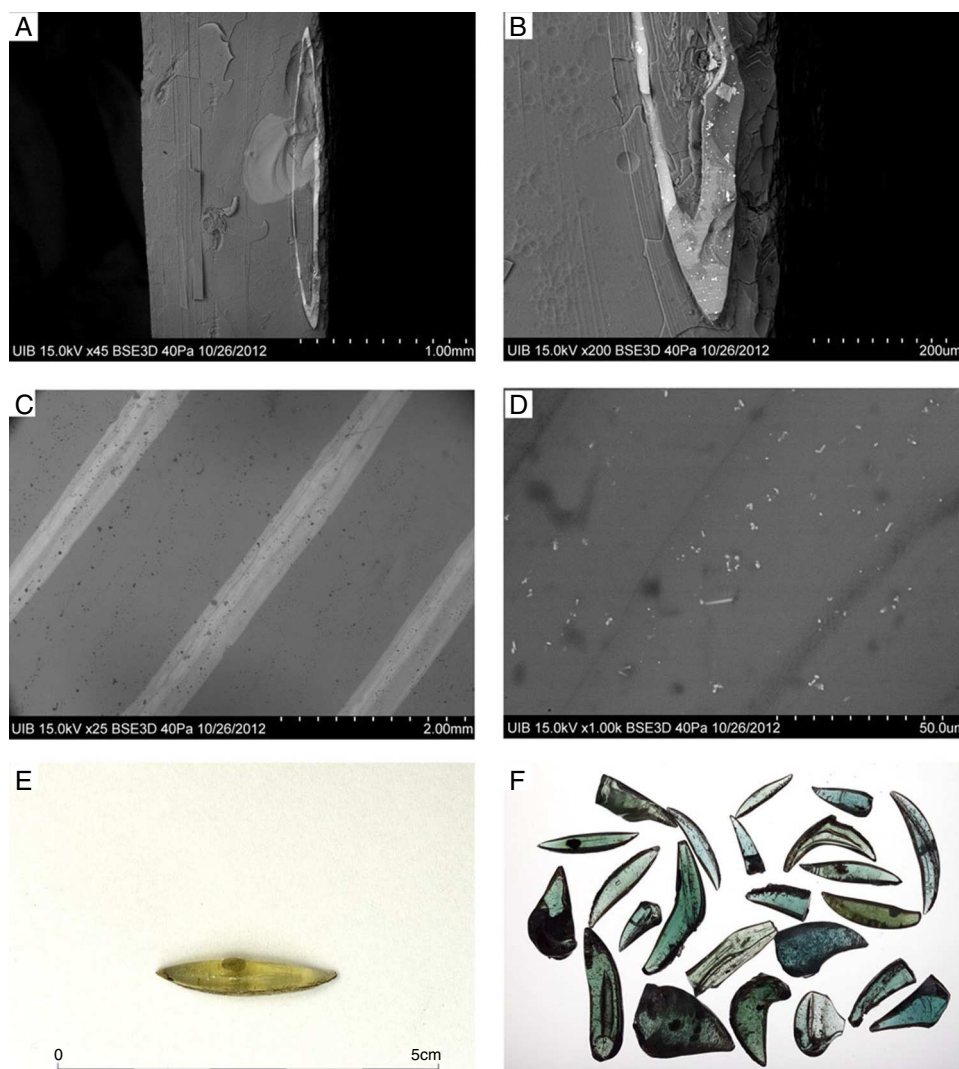


Figura 5 – A y B) Imagen MEB-BSE de la muestra MO-80 mostrando una decoración con hilos o cordones de vidrio lattimo o blanco opaco. C) Imagen MEB-BSE de la muestra MO-81 con una decoración con hilos o cordones de vidrio lattimo o blanco opaco. D) Imagen MEB-BSE de la muestra MO-81 en la que se pueden observar precipitados de estaño sobre la decoración de vidrio lattimo. E) Elemento tecnológico (MO-12). F) Elementos tecnológicos resultado del tajo con unas tijeras de corte recto.

vítrea. La imagen obtenida con MEB de la muestra MO-80 a partir de electrones retrodispersados muestra una línea blanca con una elevada concentración de plomo (10%) y de estaño (11,2%), mientras que la imagen obtenida de la muestra MO-81 proporcionó unos niveles en el vidrio blanco de 20,2% de plomo. Además, en este ejemplar se pudieron distinguir precipitados de estaño (54,3%) sobre la superficie de las vetas (fig. 5D).

Finalmente, queremos destacar varios restos que se caracterizan por tener forma elíptica y una marca rectilínea en su centro (figs. 5E,F), resultado de tajos realizados con unas tijeras de corte recto al elaborar preferentemente la boca de un objeto. Esta apreciación se ha podido confirmar en la vidriería Gordiola (Algaida, Mallorca), taller que trabaja de forma artesanal y que mantiene una producción ininterrumpida desde el siglo XVIII, donde con la colaboración de un maestro se ha podido reproducir el gesto técnico generando el mismo tipo de residuo.

Conclusiones

La vidriería de Sa Gerreria está bien documentada y supone un excelente caso de estudio desde el que aproximarnos a la producción de vidrio que se realizó en Mallorca durante el siglo XVII. Por un lado, el estudio macroscópico de los materiales ha permitido identificar el tipo de elementos presentes en este centro, así como algunas características de las piezas fabricadas en él. Por otro lado, el estudio arqueométrico preliminar de algunos elementos —fundamentalmente restos de masas vítreas, frita, escoria y algunas piezas— nos ha permitido conocer el tipo de materias primas gestionadas por este taller e identificar algunas de las técnicas empleadas en la producción y la decoración de las piezas de vidrio.

Se ha documentado la preferencia por el uso de materias primas cálcico-sódicas que pueden contener algunas impurezas presumiblemente ya presentes en la fuente de origen. Así

mismo, se ha documentado la presencia de algunas muestras de masa vítrea que difieren del resto en sus concentraciones de Na_2O y MgO , aspecto que podría evidenciar el uso de una sosa de una procedencia diferente. Estos resultados son consistentes con la información histórica y documental disponible, en la que se señala tanto el uso de materias primas locales para la producción de vidrio en la isla como la importación de sosa con el fin de complementar el abastecimiento de esta materia prima. En lo referente a las técnicas, el análisis de los materiales nos ha permitido constatar indirectamente el uso de herramientas como las tijeras de corte recto, la caña o el puntel, siendo utensilios ampliamente utilizados por los vidrieros para elaborar las piezas.

Los análisis realizados sobre vidrios históricos de esta cronología en España son escasos, y por tanto no pueden hacerse comparaciones con otros registros que nos permitan establecer conclusiones más allá del ámbito local. En cualquier caso, la caracterización de este taller mallorquín posibilitará avanzar significativamente en el futuro en la identificación de producciones regionales, facilitando la tarea de comparar la composición de los materiales y la tecnología empleada entre diferentes zonas geográficas, en especial entre los territorios que formaron la Corona de Aragón, en cuyo marco se produjo una interesante transferencia de personas, ideas, conocimientos y materiales. La realización de estos y de futuros análisis arqueométricos centrados en los materiales de este horno permitirá aportar nuevos datos sobre las características de su producción que ayudarán a profundizar en la compleja problemática de la procedencia de algunas de las producciones de vidrio.

Agradecimientos

Agradecemos a M.M. Estarellas y J. Merino, directores de la excavación arqueológica, la cesión de los materiales vítreos para su estudio. También queremos agradecer al Dr. F. Hierro la supervisión de los análisis que se han realizado en el servicio de Microscopia de los Servicios Científicos y Técnicos de la Universidad de las Islas Baleares. Los análisis de DRX se han llevado a cabo en el Laboratorio de Propiedades Físicas de los mismos servicios con la colaboración del Dr. J. Cifre. Asimismo, damos las gracias a Marisa Aldeguez y al maestro vidriero Pedro Torres por la reproducción de gestos técnicos en Can Gordiola. J. Barrachina, conservador del Museo del Castillo de Peralada, nos ha proporcionado información sobre piezas de la colección. Finalmente, debemos agradecer al numismático J. Boada la gentileza de identificar la moneda de cobre.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. García Espuche, *Un siglo decisivo: Barcelona y Cataluña 1550-1640*, Alianza Editorial, Madrid, 1998.
- [2] J.L. González García, *El coleccionismo de vidrio artístico español en los siglos XVI y XVII*, Boletín del Museo e Instituto Camón Aznar 73 (1998) 111–139.
- [3] I. Domènech i Vives, *El vidrio*, en: A.B. Arraiza (Ed.), *Las Artes Decorativas en España*, Espasa-Calpe, Madrid, 1999, pp. 500–501.
- [4] Rodríguez García J. La influencia del vidrio de Venecia en Cataluña. En: *Annales du 10e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*, Fundación Centro Nacional del Vidrio, Madrid-Segovia, 1985, pp. 421–433.
- [5] I. Domènech, *Spanish Façon de Venise Glass*, en: J.A. Page (Ed.), *Beyond Venice. Glass in Venetian Style, 1500-1750*, The Corning Museum of Glass, Corning, New York, 2004, pp. 84–113.
- [6] M. Camiade, D. Fontaine, *Verreries et verriers catalans, Sources*, Perpignan, 2006.
- [7] J. Rodríguez García, *Domingo Barovier, vidriero veneciano en España (1600-1608)*, Espacio, tiempo y forma, Serie IV: Historia moderna 1 (1988) 467–500.
- [8] M.M. Estarellas Ordinas, J. Merino Santisteban, *Excavacions a Sa Gerreria de Palma*, Revista del Col·legi de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de les Illes Balears 14 (2004) 27–28.
- [9] D. Zaforteza y Musoles, *La Ciudad de Mallorca: ensayo histórico-toponímico*, 3, Ajuntament de Palma, Palma de Mallorca, 1987.
- [10] L. Muntaner, *Un model de ciutat preindustrial. La Ciutat de Mallorca al segle XVIII*, Trabajos de Geografía 34 (1977-78) 5–53.
- [11] Estarellas Ordinas M.M., Merino Santisteban J. *Instal·lacions artesanes i industrials a Sa Gerreria de Palma (segles XV-XX)*. En: *I Jornades de Patrimoni Industrial a les Illes Balears*, Fundació Endesa, Amics del Museu de Mallorca, Palma de Mallorca, 2006, pp. 147–148.
- [12] Boada Salom J., Trilla Pardo E. *La col·lecció numismàtica de la SAL: monedes, ploms i bitllets*. En: *La Societat Arqueològica Lul·liana, una il·lusió que perdura (1880-2010)*, Societat Arqueològica Lul·liana, Palma, 2010, pp. 148.
- [13] M. Crusafont Sabater, *Catàleg General de la Moneda Catalana. Països Catalans i Corona Catalano-Aragonesa (s. V aC-s. XX dC)*, Crus, Barcelona, 2009.
- [14] M.A. Capellà Galmés, *El vidre a Mallorca entre els segles XIV i XVIII*, Universitat de les Illes Balears, Departament de Ciències Històriques i Teoria de les Arts, Palma, 2009.
- [15] N. Lambert, *La verrerie médiévale forestière de la Seube Claret (Hérault)*, Archéologie en Languedoc 5 (1982-83) 177–244.
- [16] D. Pouille, F. Labaune, *L'atelier de verrier antique de Cesson-Sévigné*, en: M.D. Nenna (Ed.), *La route du verre, ateliers de verriers primaires et secondaires du second millénaire av. J.-C. au Moyen Âge*, Maison de l'Orient Méditerranéen-Jean Pouilloux, Lyon, 2000, pp. 125–146.
- [17] A. Oliver Castaños, *El taller de vidre medieval de Sant Fost de Campsentelles*, Acta Historica et Archaeologica Mediaevalia 10 (1989) 387–426.
- [18] S. Fossati, T. Mannoni, *Lo scavo della vetreria medievale di monte Lecco*, Archeologia Medievale 2 (1975) 31–97.
- [19] J. Iglésies, Pere Gil, S.I. (1551-1622) i la seva *Geografia de Catalunya*, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 2002.
- [20] Capellà Galmés M.A. *El manuscrito de composiciones de vidrio blanco de la Biblioteca Balear del Monasterio de la Real (Palma, Mallorca)* [en prensa].
- [21] S. Alcolea, B. Bassegoda, *Ànimes de vidre. Les col·leccions Amatller*, Museu d'Arqueologia de Catalunya, núm. 112, Barcelona, 2010.
- [22] J.P. Philippart, *Catálogo*, en: J.P. Philippart, M. Mergenthaler (Eds.), *Frágil Transparencia. Vidrios españoles de los siglos XVI a XVIII*, Verlag J.H. Röhl GmbH, núm. 67, Dettelbach, 2011, p. 139.
- [23] D. Foy, *Technologie, géographie, économie: les ateliers de verriers primaires et secondaires en Occident. Esquisse d'une évolution de l'Antiquité au Moyen-Âge*, en: M.D. Nenna (Ed.), *La route du verre, ateliers de verriers primaires et secondaires du second millénaire av. J.-C. au Moyen Âge*,

- Maison de l'Orient Méditerranéen-Jean Pouilloux, Lyon, 2000, pp. 147-170.
- [24] J. Vargas Ponce, Descripciones de las Islas Pithiusas y Baleares, J.J. de Olañeta editor, Palma de Mallorca, 1983 [trabajo original publicado en 1787].
- [25] A. Furió, Panorama óptico-histórico-artístico de las Islas Baleares, Mossèn Alcover, Palma de Mallorca, 1966 [trabajo original publicado en 1840], p. 115.
- [26] P. Madoz, Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar, Pascual Madoz, Madrid, 1848.
- [27] D. Foy, Le verre médiéval et son artisanat en France méditerranéenne, CNRS, París, 1988.
- [28] M.A. Capellà Galmés, Artesanos vidrieros en Mallorca. Relaciones y conexiones con el Levante peninsular (siglos XIV-XV), Anuario de Estudios Medievales 44/2 (2014); 769-805. doi:10.3989/aem.2014.44.2.04.
- [29] E.K. Aguiló, Industrias mallorquinas. Fabricación de jabones (1628), Boletín de la Sociedad Arqueológica Luliana 4 (1891-1892) 7.
- [30] M.A. Capellà Galmés, Ars Vitraria: Mallorca (1300-1700), Edicions UIB, Palma, 2015.
- [31] M. Verità, L'invenzione del cristallo muranese: una verifica analitica delle fonti storiche, Rivista della Stazione Sperimentale del Vetro 15 (1985) 17-29.
- [32] S. Shennan, Arqueología Cuantitativa, Crítica, Barcelona, 1992.
- [33] C. Moretti, Glossario del vetro veneziano, dal Trecento al Novecento, Marsilio editori, Venezia, 2002.
- [34] J. Henderson, The Science and Archaeology of Materials. An Investigation of Inorganic Materials, Routledge, London-New York, 2000.
- [35] J.M. Rincón, Materias primas para la industria del vidrio, en: M.A. Del Cura (Ed.), Utilización de Rocas y Minerales Industriales, Universidad de Alicante, Alicante, 2006, pp. 49-74.
- [36] M.E. Stern, Blowing Glass from Chunks Instead of Molten Glass: Archaeological and Literary Evidence, Journal of Glass Studies 54 (2012) 33-45.
- [37] D. Diderot, J.L.R. d'Alembert, Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, Franco Maria Ricci editore, Milano, 1970 [trabajo original publicado en 1751-1772].