
LAS CERÁMICAS VIDRIADAS DECORADAS DEL CONVENTO DE SAN FRANCISCO DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA: UNA APROXIMACIÓN A SU ESTUDIO ARQUEOMÉTRICO

JAVIER G. IÑÁÑEZ

Museum Conservation Institute, Smithsonian Institution
Universitat de Barcelona

JAUME BUXEDA I GARRIGÓS

Universitat de Barcelona

ROBERT J. SPEAKMAN

Museum Conservation Institute, Smithsonian Institution

MICHAEL D. GLASCOCK

University of Missouri, Columbia

ELENA SOSA SUÁREZ

Canarias Cultural y Arqueológica, S.L.

Resumen: Para el presente estudio fueron seleccionadas 41 cerámicas procedentes del fondo de El Museo Canario y correspondientes a materiales de las excavaciones arqueológicas realizadas en el solar del antiguo convento de San Francisco de Las Palmas de Gran Canaria. Todos los individuos fueron analizados por fluorescencia de rayos X (FRX) y difracción de rayos X (DRX), complementándose el estudio analítico con una selección de cerámicas estudiadas mediante el análisis por activación neutrónica (AAN). Los resultados han permitido demostrar que la mayor parte de las cerámicas estudiadas presentan una proveniencia de la ciudad de Sevilla. No obstante, también se han hallado otras cerámicas que parecen corresponder a otros centros productores, tanto españoles como italianos y portugueses. De esta manera, se demuestra la relativa heterogeneidad de las importaciones cerámicas del antiguo convento de San Francisco.

Palabras clave: Cerámica, excavaciones arqueológicas, activación neutrónica, importaciones, convento de San Francisco.

Abstract: In order to assess the provenance of the majolica production from the Iberian Peninsula in the Canary Island as a first step for the trade with America, a set of 41 majolica individuals has been sampled from the archaeological site of El

Antiguo Convento de San Francisco (Las Palmas de Gran Canaria). Individuals have been studied by means of X-Ray Fluorescence (XRF), Neutron Activation Analysis (NAA) and X-Ray Diffraction (XRD). The results show an important group matching our reference group from Seville, in agreement with the historical record. Chemical data also reveals individuals whose provenance corresponds to other production centres of the Iberian Peninsula. Possible Italian and Dutch productions have also been identified. All these results confirm the relative heterogeneity of the range of imported majolica by the convent of San Francisco.

Key words: Pottery, archaeological excavations, neutronic activation, imports, San Francisco convent.

INTRODUCCIÓN

La loza decorada, también llamada mayólica, es una cerámica muy apreciada de la etapa colonial europea. Está manufacturada normalmente con pastas arcillosas de tonos claros y cubierta con un vidriado de plomo opaco blanco a menudo con presencia de decoraciones realizadas con óxidos metálicos.

Las vajillas de loza eran un bien apreciado en las colonias americanas, ya que se trataba de bienes de prestigio por su carácter europeizante. La loza española era exportada al Nuevo Mundo desde la ciudad de Sevilla, una vez establecida allí la Casa de Contratación en 1503 gracias sobre todo a la seguridad que ofrecía su enclave geográfico. Esta institución se encargaba de la gestión del monopolio comercial de la corona castellana con sus colonias ultramarinas, siendo el negocio de la cerámica una actividad más entre muchas otras. La ciudad de Sevilla experimentó un gran auge comercial y artesano gracias a la actividad mercantil de dicha institución, pues la mayor parte de los productos comercializados con las colonias debían pasar por el férreo control de la Casa de Contratación. Entre otras, la actividad alfarera y cerámica en general se benefició en gran medida de tal florecimiento mercantil. Así, durante los siglos XVI y XVII la cerámica sevillana será profusamente exportada hacia las Américas en los cargamentos de los navíos que realizaban la llamada «carrera de Indias». No obstante, el recorrido entre la Península Ibérica y territorios ultramarinos requería de una parada obligatoria en las islas Canarias, último punto controlado por la corona castellana antes de cruzar el Atlántico. Esta escala no sólo era forzada por motivos fiscales sino también por motivos náuticos, al aprovecharse los navíos de los vientos alisios que soplan directamente hacia el Caribe. Debido a estas circunstancias, la mayor parte de las transacciones económicas entre la metrópoli castellana y sus asentamientos recién colo-

nizados pasaba por las islas Canarias, quedando constancia de ello en el registro cerámico.

Tal y como ha sido expuesto anteriormente, la peculiaridad histórica de las islas Canarias propicia que su registro arqueológico de época moderna pueda servir como reflejo del tránsito comercial entre los territorios a ambos lados del Atlántico durante los siglos XVI y XVII. De esta manera, los materiales cerámicos arqueológicos recuperados en el antiguo convento de San Francisco de Las Palmas de Gran Canaria ayudan a componer preliminarmente el panorama histórico colonial tanto canario como americano. Con ese objetivo se ha realizado el presente estudio arqueométrico sobre 41 cerámicas vidriadas decoradas procedentes del fondo de El Museo Canario y correspondientes a materiales de las excavaciones arqueológicas realizadas en el solar del antiguo convento de San Francisco de Las Palmas de Gran Canaria. Este estudio ha permitido la caracterización de diversas producciones; tanto de origen peninsular como italiano, portugués u holandés, entre los lotes cerámicos hallados en el antiguo convento pertenecientes a un arco cronológico que comprende los siglos XVI y XVII.

EL CONVENTO DE SAN FRANCISCO

El antiguo convento de San Francisco de Las Palmas de Gran Canaria, construido a finales del siglo XV, es uno de los enclaves históricos más importantes del archipiélago canario por ser la primera fundación capitalina de la orden franciscana a raíz de la conquista de Gran Canaria.

A finales del siglo XVI el edificio estaba formado por dos plantas a las que se accedía por corredores abiertos, cuyas dependencias se distribuían en torno a dos patios y dos claustros, entre los cuales se distribuían las celdas, el refectorio, la enfermería, la cocina, graneros, bodega y hasta una hospedería (Alzola González, 1986).

El cenobio franciscano fue protagonista de distintos acontecimientos históricos vinculados a la propia historia de la capital, como el incendio sufrido como consecuencia del ataque del holandés Van der Doëz a Las Palmas en 1599 o las inundaciones derivadas del desbordamiento del barranco Guinguada en enero de 1713. Quizás, este último suceso fue el que provocó el relleno de los sótanos del edificio, como se deduce de los resultados arqueológicos. Después de trescientos años de vida, los franciscanos se vieron obligados a abandonar el convento como resultado de la desamortización decretada por

el Gobierno en 1835, pasando el cenobio a manos del Estado. Desde entonces fue ocupado por los militares, por lo que el edificio fue rehabilitado para adaptarlo a sus necesidades. A mediados del siglo XX el convento fue destruido definitivamente, quedando como testigos los que un día fueran su iglesia y campanario. A partir de entonces el solar resultante se convirtió en un aparcamiento para los vecinos, hasta que en el año 1992 el Servicio de Arqueología de El Museo Canario de Las Palmas de Gran Canaria realizó los sondeos arqueológicos del solar donde estuvo ubicada la histórica construcción.

La cerámica decorada hallada en el yacimiento arqueológico del antiguo convento de San Francisco (Figura 1) fue clasificada, de acuerdo con sus atribuciones estilísticas y formales según criterios arqueológicos, en tres tipos principales: cerámica de cuerda seca; cerámica



FIGURA 1: Fotografía de algunas de las cerámicas procedentes del antiguo convento de San Francisco de Las Palmas de Gran Canaria. De izquierda a derecha y de arriba abajo: MJ0280, MJ0282, MJ0264 y MJ0274.

hispano-mudéjar sin vidriar, procedente probablemente del sur de la Península Ibérica durante el siglo xv y primera mitad del xvi; y loza, incluyendo mayólica española e italiana del siglo xvi, sobre todo decorada en azul sobre blanco, y loza portuguesa, datada hacia el siglo xvii (Iñáñez *et al.*, 2007).

MUESTREO Y RUTINA ANALÍTICA

Para la realización del presente estudio se han muestreado 41 individuos procedentes del antiguo convento de San Francisco de Las Palmas de Gran Canaria y que se encuentran actualmente depositados en los fondos de El Museo Canario en la misma ciudad. Los individuos utilizados a modo de comparación proceden del Museu de la Ceràmica de Barcelona, Museu de Vilafranca del Penedès, Museu Comarcal de Reus, Museo Arqueológico de Sevilla, así como de cerámicas proporcionadas por el Sr. Sánchez Cabezudo y el Sr. Cerdà i Mellado de la Associació Catalana de Ceràmica.

Debido al poco peso que presentaban cuatro de los individuos seleccionados para su análisis, éstos no pudieron ser analizados por ninguna de las técnicas mencionadas. De esta manera se han caracterizado arqueométricamente 37 fragmentos cerámicos (Tabla 1), la mayoría considerados tecnológica y tipológicamente como mayólicas o lozas, mediante el análisis químico por fluorescencia de rayos X (FRX) (n=26) y análisis por activación neutrónica (AAN) (n=18), así como mediante su caracterización mineralógica por difracción de rayos X (DRX) (n=26).

Para su caracterización arqueométrica, a los 37 individuos se les han desprendido mecánicamente sus capas superficiales. Posteriormente han sido pulverizados y homogeneizados mediante un molino de bolas con celda de carburo de tungsteno. La composición química de los 26 individuos determinada por FRX se ha realizado a partir del polvo previamente secado en una estufa a 105 °C durante 12 horas. Para la determinación de los elementos mayores y menores, se han hecho preparaciones de duplicados de perlas utilizando 0.3 g de espécimen en fusión alcalina con 5.7 g de tetraborato de litio (dilución 1/20) en un horno de inducción de alta frecuencia Philips Perl'X-3. Para la determinación de los elementos traza y del Na₂O se han hecho preparaciones de pastillas empleando 5 g de espécimen mezclados con 2 ml de aglutinante Elvacite 2044 en solución al 20% en acetona, colocados en cápsulas de aluminio sobre un lecho de ácido bórico y prensados a 200 kN durante 60 s. La cuantificación se ha

Sigla ARQ UB	Sigla Museo Canario	Descripción	FRX	DRX	AAN	Clasificación
MJ0254	24332	Reflejo Metálico	x	x		Manises
MJ0255	24329	Reflejo Metálico	x	x		Sevilla
MJ0256	24.333	Reflejo Metálico				No analizada
MJ0257	21908	Columbia Simple	x	x		Sevilla
MJ0258	21932	Columbia Simple	x	x	x	Sevilla
MJ0259	21925	Columbia Simple	x	x		Sevilla
MJ0260	26450	Columbia Simple	x	x		No agrupada
MJ0261	23700	Blanca Sevillana	x	x		Sevilla
MJ0262	23748	Blanca Sevillana	x	x	x	Sevilla
MJ0263	23696	Blanca Sevillana	x	x		Sevilla
MJ0264	23767	Blanca Sevillana	x	x		Sevilla
MJ0265	23808	Blanca Sevillana	x	x		Sevilla
MJ0266	23720	Blanca Sevillana	x	x		Sevilla
MJ0267	23.281	Isabela Policromado				No analizada
MJ0268	22627	Isabela Policromado	x	x	x	Sevilla
MJ0269	22901	Serie de Delft			x	No agrupada
MJ0270	24127	Azul sobre blanco ligur	x	x	x	Ligur
MJ0271	24129	Azul sobre blanco ligur	x	x		Ligur
MJ0272	22722	Azul sobre blanco ligur	x	x	x	Ligur
MJ0273	22721	Azul sobre blanco ligur	x	x		Ligur
MJ0274	Sin sigla	Azul sobre blanco ligur	x	x		Ligur
MJ0275	22820	Azul sobre blanco portuguesa	x	x	x	Portuguesa
MJ0276	22823	Azul sobre blanco portuguesa	x	x		Portuguesa
MJ0277	22856	Azul sobre blanco portuguesa	x	x		Portuguesa
MJ0278	Sin sigla	Policroma italiana	x	x		Ligur
MJ0279	22.680	Series Italiana				No analizada
MJ0280	22839	Azul sobre blanco	x	x		Sevilla
MJ0281	20061	Azul sobre blanco	x	x		Sevilla
MJ0282	20.077	Azul sobre azul	x	x		Sevilla
MJ0283	24.355	Serie Melada				No analizada
MJ0284	20.344	<i>Sgraffito</i>	x	x	x	No agrupada
MJ0285	24302	Reflejo Metálico			x	Manises?
MJ0286	24335	Reflejo Metálico			x	Sevilla
MJ0287	21933	Columbia Simple			x	Sevilla
MJ0288	23602	Blanca Sevillana			x	Sevilla
MJ0289	22852	Serie de Delft			x	Sevilla
MJ0290	22721	Azul sobre blanco ligur			x	Ligur
MJ0291	24128	Azul sobre blanco ligur			x	Ligur
MJ0292	22860	Azul sobre blanco portuguesa			x	Portuguesa
MJ0293	22755	Azul sobre blanco catalana			x	BCN-SC
MJ0294	22549	Verde y negro			x	No agrupada

TABLA 1.—Resumen de los 41 Ic estudiados procedentes del yacimiento del antiguo convento de San Francisco de Las Palmas de Gran Canaria y clasificación tras el tratamiento analítico.

realizado con un espectrofotómetro Philips PW 2400, con fuente de excitación de Rh, utilizando una recta de calibración configurada con 60 patrones (Estándares Geológicos Internacionales). De este modo, se han determinado los elementos: Fe₂O₃ (como Fe total), Al₂O₃, MnO, P₂O₅, TiO₂, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, SiO₂, Ba, Rb, Mo, Th, Nb, Pb, Zr, Y, Sr, Sn, Ce, Co, Ga, V, Zn, W, Cu, Ni y Cr. Igualmente, se ha calculado la pérdida al fuego (PAF) a partir de calcinaciones de 0.3 g de espécimen a 950 °C durante 3 horas. Una descripción detallada de las condiciones analíticas, precisión y exactitud ha sido ya publicada (Hein *et al.*, 2002).

La preparación y análisis de las 18 muestras seleccionadas para AAN se realizaron en el Archaeometry Laboratory of the Missouri University Research Reactor (MURR) (EE.UU.). El procedimiento analítico para el AAN en el MURR consiste en un doble proceso para cada individuo cerámico analizado. De un lado, se pesan 150 mg del espécimen anteriormente preparado y previamente secado a 100 °C durante 24 horas en recipientes limpios de polietileno de alta densidad utilizados para las irradiaciones cortas. Al mismo tiempo, se pesan 200 mg de cada muestra en recipientes de cuarzo de gran pureza utilizados para las irradiaciones largas. Ambos envases fueron sellados adecuadamente antes de sus respectivas irradiaciones. Conjuntamente con las muestras desconocidas, se preparan de manera similar estándares de materiales de referencia certificados por el National Institute of Standards and Technology (NIST) de SRM-1633a (cenizas de carbón) y SRM-688 (roca basáltica). Además, también se preparan muestras de control de calidad, como el SRM-278 (obsidiana) y la Ohio Red Clay (arcilla). Los datos obtenidos de las muestras de control de calidad proporcionan un medio para determinar la precisión de las medidas de cada elemento determinado (Glascok *et al.*, 2007).

El análisis por AAN de cerámica en el MURR consta de dos irradiaciones, una corta y la otra larga, en un total de tres lecturas de rayos gamma, determinándose un total de 33 elementos químicos. La irradiación corta se realiza mediante un sistema neumático de tubos. Así, las muestras que se encuentran dentro de los recipientes son irradiadas de dos en dos cada vez durante 5 s por un flujo de neutrones de $8 \times 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. La posterior lectura de 720 s proporciona espectros gamma que contienen picos para 9 elementos de vida media corta: Al, Ba, Ca, Dy, K, Mn, Na, Ti y V. De otro lado, la irradiación larga se realiza sobre las muestras encapsuladas en los envases de cuarzo de gran pureza durante 24 horas con un flujo de neutrones de $5 \times 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Después de la irradiación, las muestras han de «enfriarse» durante 7 días, realizándose posteriormente una lectura de 2000 s

(llamada lectura media) en un detector de alta resolución de Ge hiperpuro unido a un cambiador automático de muestras. Esta lectura media proporciona determinaciones para 7 elementos con vida media mediana: As, La, Lu, Nd, Sm, U y Yb. Después de 3 ó 4 semanas de enfriamiento adicional, se realiza una lectura final de 8500 s para cada muestra. Esta última lectura detecta 17 elementos de vida media larga Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Ni, Rb, Sb, Sc, Sr, Ta, Tb, Th, Zn y Zr.

La composición mineralógica de los 26 individuos también analizados por FRX ha sido estudiada mediante la DRX utilizando el polvo de los especímenes previamente preparados. Se ha utilizado un difractómetro PANalytical X'Pert PRO alpha1 (radio=240 mm), trabajando con la radicación $K\alpha$ del Cu ($\lambda=1.5406 \text{ \AA}$) a 45 kV y 40 mA, con la muestra rotando a 1 rps, un filtro de Ni en el haz difractado y un detector X'Celerator, de longitud activa de 2.122° . Las mediciones $\Theta/2\Theta$ se han realizado de 4 a $70^\circ 2\Theta$, con una medida de paso de 0.017° y un tiempo de conteo de 50 s. Las evaluaciones de las fases cristalinas presentes se han realizado con el paquete de programas DIFFRAC/AT de Siemens, que incluye el banco de datos del Joint Committee of Powder Diffraction Standards (JCPDS).

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

En el estudio de la composición química no se consideran los componentes Co y W, ya que, al formar parte de la celda del molino de bolas empleado para la molturación y homogeneización de las cerámicas, pueden estar contaminados, sin que esta contaminación pueda ser controlada y corregida durante el tratamiento estadístico.

Igualmente, se ha excluido el Mo, debido a que sus concentraciones son muy bajas, siempre por debajo del límite de regresión de FRX, que es el nivel inferior para el cual los resultados son fiables. Por lo que respecta al Ni, éste también ha sido excluido en los datos químicos obtenidos por AAN debido a que muchos de los individuos analizados presentan contenidos inferiores al límite de regresión de AAN, aunque no de FRX.

Además, como ya ha sido observado en otros estudios de este tipo de cerámicas (Buxeda *et al.*, 2001; Buxeda *et al.*, 2003; Iñáñez, 2007; Iñáñez y Buxeda, 2007), todos los individuos presentan concentraciones atípicamente altas de Pb y Sn que, muy probablemente, se deben a la contaminación producida por la difusión de los vidriados en las matrices cerámicas durante la cocción de estas cerámicas. Por ello,

estos elementos también han sido excluidos. En particular, el caso del Pb es especialmente grave en los análisis por FRX, ya que debido a estas contaminaciones los individuos presentan concentraciones superiores a las 993 ppm (partes por millón; 1 ppm = 0.0001%). En las presentes condiciones analíticas por FRX, el límite superior de regresión para el Pb es de 928 ppm, límite que se ve claramente superado por todos los individuos. En estas circunstancias, las interferencias que presenta el Pb respecto a otros elementos no pueden ser debidamente corregidas, de modo que los valores de elementos como el Y y, especialmente, el Ga se encuentran interferidos. Por ello, estos elementos tampoco pueden ser considerados. Además, también se ha descartado el Th, ya que sus valores podrían también estar afectados, aunque sea en menor medida, por las interferencias del Pb.

Igualmente, los valores de Na_2O , K_2O y Rb han sido utilizados con ciertas restricciones debido a la presencia documentada de un doble proceso de alteración de la fase vítrea de la cerámica con lixiviación de potasio y rubidio, y la subsiguiente cristalización de analcima, una zeolita sódica, con la fijación de sodio procedente de las aguas de circulación del suelo. De esta manera, la afectación de este doble proceso de alteración y contaminación es difícilmente cuantificable, otorgando valores de estos componentes imposibles de corregir hasta el momento.

Finalmente, tampoco ha sido considerado el valor de la PAF. Este valor engloba el total de agua (H_2O), grupos hidróxilos $[(\text{OH})^-]$, materia orgánica y compuestos volátiles contenidos en la muestra analizada. Todos estos elementos se pierden a medida que aumenta la temperatura de cocción. Dado que diversos individuos pertenecientes a una misma producción y con la misma pasta cerámica pueden estar cocidos a diferentes temperaturas, sus valores de PAF pueden ser diferentes, siendo menores en aquellos individuos cuya temperatura de cocción sea más elevada. Aparte de la influencia que puedan ejercer procesos de alteración o contaminación secundarios, como es, por ejemplo, la ya citada cristalización de la analcima, que, además de incorporar sodio, incorpora también agua, aumentando así el valor de la PAF. Así, como todos los resultados acaban sumando 100%, la disminución de la PAF a medida que aumenta la temperatura de cocción implica un aumento en la misma proporción de todos los otros componentes, produciendo diferencias en la composición química que sólo se deben a diferencias tecnológicas o, en su caso, inducidas por procesos de alteración y contaminación.

El problema que supone la variación de la composición química inducida por la PAF ocurre igualmente cuando una cerámica presen-

ta una contaminación o una alteración en algún elemento químico. En el primer caso, el enriquecimiento en uno o más elementos químicos supondrá la disminución proporcional del resto de elementos químicos. En el caso de la alteración, la pérdida en uno o más elementos químicos supondrá el aumento proporcional de los demás. Estos cambios vienen inducidos por el hecho que los datos químicos siempre suman 100%. Este hecho recibe el nombre de restricción de suma a la unidad (o 100 %). Para evitar los problemas estadísticos que de esta restricción se derivan, los datos deben ser transformados a logaritmos de razones, según

$$\mathbf{x} \in S^d \quad \text{y} \quad \log\left(\frac{\mathbf{x}_D}{x_D}\right) \in R^d,$$

donde S^d es el simplex d -dimensional ($d=D-1$) y $\mathbf{x}_D=(x_1, \dots, x_d)$ (Aitchison, 1986; Aitchison *et al.*, 2000; Buxeda, 1999a; Buxeda, 1999b). Es decir, para cada individuo se dividen los valores de sus diversos elementos químicos por el de un elemento determinado y de cada resultado se toma su logaritmo. Esta transformación permite corregir las variaciones inducidas por la temperatura de cocción, las contaminaciones y las alteraciones y permite obtener resultados directamente comparables entre los diversos individuos analizados.

Para el tratamiento de la composición química obtenida, los 26 individuos del convento de San Francisco de Las Palmas de Gran Canaria han sido comparados con el banco de datos sobre mayólica del ARQUB. Este banco de datos consta de 427 individuos, de los cuales 409 corresponden a los principales centros productores de la Península Ibérica (Sevilla, Talavera de la Reina, Puente del Arzobispo, Paterna, Manises, Barcelona, Reus, Vilafranca del Penedès, Lleida, Teruel, Muel y Villafeliche), así como de dos centros receptores peninsulares (Mataró y Girona). Igualmente, contamos en este banco de datos con 18 individuos procedentes del yacimiento de la Cueva Pintada (Gáldar, Gran Canaria), que merecerán un comentario particular durante el presente estudio, por razones obvias de proximidad con el yacimiento sujeto a estudio¹.

En primer lugar, centrándonos en los datos químicos obtenidos por FRX, observamos que la matriz de variación composicional de los 26 individuos del convento de San Francisco y los 427 del banco de datos, muestra una variación total (vt) de 2.034 (Tabla 2), la cual puede

¹ Para mayor información sobre el banco de datos, véase Iñáñez, 2007, consultable en línea en: <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0205107-115739>.

FRX	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	P ₂ O ₅	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	Ba	Nb	Zr	Sr	Ce	V	Zn	Cu	Ni	Cr
Fe2O3	0.00	0.01	0.05	0.45	0.01	0.12	0.17	0.33	0.12	0.02	0.07	0.06	0.04	0.24	0.04	0.01	0.05	0.34	0.07	0.04
Al2O3	0.01	0.00	0.09	0.47	0.02	0.13	0.17	0.39	0.08	0.02	0.06	0.07	0.05	0.25	0.03	0.02	0.07	0.37	0.10	0.06
MnO	0.05	0.09	0.00	0.45	0.07	0.12	0.17	0.27	0.24	0.08	0.12	0.12	0.09	0.25	0.11	0.07	0.08	0.40	0.12	0.10
P2O5	0.45	0.47	0.45	0.00	0.46	0.59	0.52	0.41	0.64	0.48	0.51	0.68	0.54	0.78	0.49	0.45	0.30	0.80	0.52	0.55
TiO2	0.01	0.02	0.07	0.46	0.00	0.12	0.15	0.34	0.12	0.01	0.07	0.04	0.02	0.21	0.03	0.02	0.07	0.37	0.10	0.04
MgO	0.12	0.13	0.12	0.59	0.12	0.00	0.13	0.38	0.28	0.14	0.19	0.11	0.13	0.15	0.16	0.15	0.18	0.48	0.19	0.14
CaO	0.17	0.17	0.17	0.52	0.15	0.13	0.00	0.34	0.32	0.15	0.24	0.21	0.17	0.14	0.19	0.18	0.22	0.46	0.23	0.18
Na2O	0.33	0.39	0.27	0.41	0.34	0.38	0.34	0.00	0.72	0.35	0.47	0.47	0.39	0.55	0.42	0.31	0.26	0.62	0.34	0.35
K2O	0.12	0.08	0.24	0.64	0.12	0.28	0.32	0.72	0.00	0.11	0.11	0.15	0.14	0.40	0.09	0.14	0.19	0.50	0.26	0.18
SiO2	0.02	0.02	0.08	0.48	0.01	0.14	0.15	0.35	0.11	0.00	0.08	0.05	0.02	0.22	0.03	0.03	0.09	0.36	0.11	0.03
Ba	0.07	0.06	0.12	0.51	0.07	0.19	0.24	0.47	0.11	0.08	0.00	0.12	0.09	0.30	0.08	0.08	0.11	0.45	0.17	0.13
Nb	0.06	0.07	0.12	0.68	0.04	0.11	0.21	0.47	0.15	0.05	0.12	0.00	0.04	0.20	0.07	0.08	0.17	0.37	0.16	0.06
Zr	0.04	0.05	0.09	0.54	0.02	0.13	0.17	0.39	0.14	0.02	0.09	0.04	0.00	0.22	0.04	0.06	0.13	0.39	0.15	0.06
Sr	0.24	0.25	0.25	0.78	0.21	0.15	0.14	0.55	0.40	0.22	0.30	0.20	0.22	0.00	0.27	0.25	0.36	0.54	0.28	0.19
Ce	0.04	0.03	0.11	0.49	0.03	0.16	0.19	0.42	0.09	0.03	0.08	0.07	0.04	0.27	0.00	0.06	0.11	0.41	0.16	0.08
V	0.01	0.02	0.07	0.45	0.02	0.15	0.18	0.31	0.14	0.03	0.08	0.08	0.06	0.25	0.06	0.00	0.05	0.35	0.07	0.04
Zn	0.05	0.07	0.08	0.30	0.07	0.18	0.22	0.26	0.19	0.09	0.11	0.17	0.13	0.36	0.11	0.05	0.00	0.39	0.10	0.12
Cu	0.34	0.37	0.40	0.80	0.37	0.48	0.46	0.62	0.50	0.36	0.45	0.37	0.39	0.54	0.41	0.35	0.39	0.00	0.39	0.37
Ni	0.07	0.10	0.12	0.52	0.10	0.19	0.23	0.34	0.26	0.11	0.17	0.16	0.15	0.28	0.16	0.07	0.10	0.39	0.00	0.06
Cr	0.04	0.06	0.10	0.55	0.04	0.14	0.18	0.35	0.18	0.03	0.13	0.06	0.06	0.19	0.08	0.04	0.12	0.37	0.06	0.00
ti	2.23	2.45	2.99	10.10	2.25	3.88	4.34	7.70	4.79	2.37	3.43	3.23	2.74	5.82	2.87	2.41	3.05	8.37	3.55	2.78
vt/ti	0.91	0.83	0.68	0.20	0.90	0.52	0.47	0.26	0.42	0.86	0.59	0.63	0.74	0.35	0.71	0.84	0.67	0.24	0.57	0.73
r _{v,t}	0.99	0.98	0.98	0.51	0.99	0.93	0.88	0.50	0.94	0.99	0.97	0.96	0.98	0.89	0.97	0.99	0.87	0.98	0.98	0.98
vt	2.03																			

TABLA 2.—Matriz de variación composicional calculada sobre los 453 Ic analizados por FRX de los principales centros productores de la Península Ibérica y Canarias. En cada columna i ($i=1,\dots,S$) se encuentran las varianzas después de la transformación en logaritmos de razones utilizando el componente x_i como divisor. vt = variación total; $\tau_{.i}$ = suma total de las varianzas de la columna i ; $vt/\tau_{.i}$ = parte de la variación total en la matriz de covarianzas de logaritmos de razones utilizando el componente x_i como divisor respecto a la variación total; $r_{v,t}$ = correlación entre los valores $\tau_{.ij}$ ($i \neq j$) y los valores correspondientes $\tau_{.i}$ ($j=1,\dots,i-1,i+1,\dots,S$).

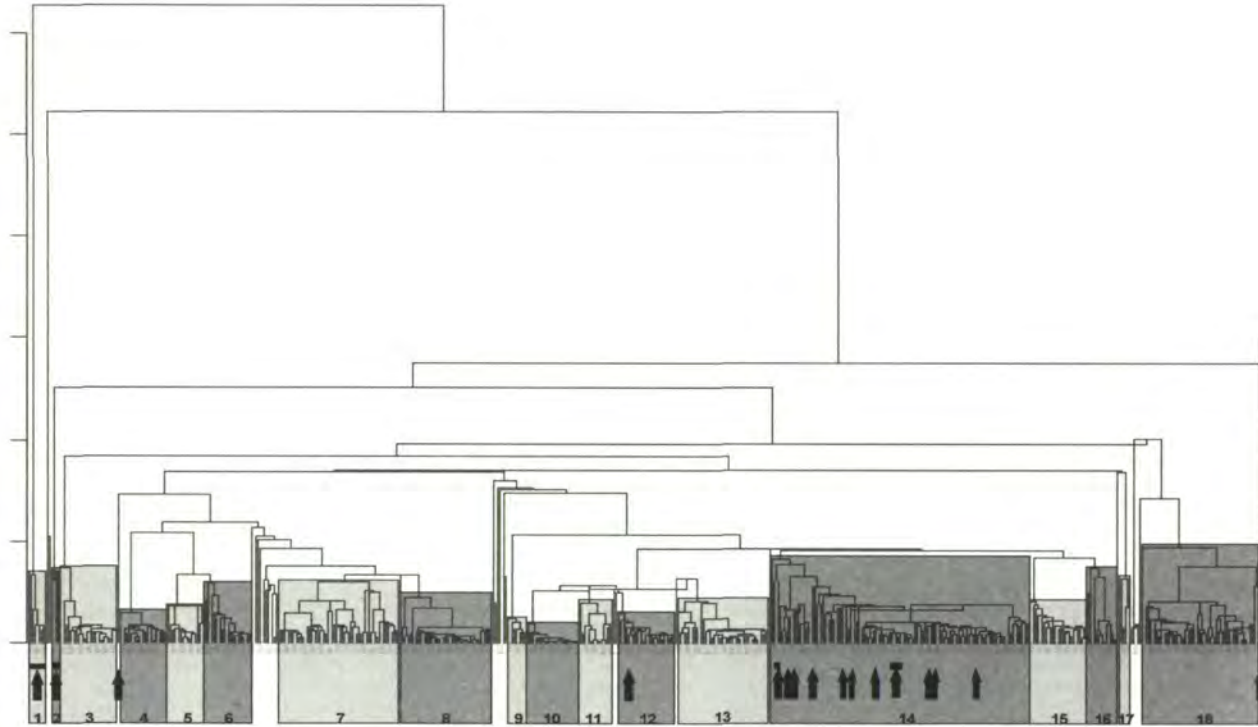


FIGURA 2: Dendrograma resultante del análisis de conglomerados de los datos químicos obtenidos por FRX de 453 Ic utilizando la distancia euclidiana al cuadrado y el algoritmo aglomerativo del centroide sobre la subcomposición Al_2O_3 , MnO , MgO , TiO_2 , CaO , Na_2O , K_2O , SiO_2 , Ba , Nb , Zr , Sr , Ce , V , Zn , Ni y Cr , transformada en logaritmos de razón utilizando el Fe_2O_3 como divisor. Las flechas indican los Ic procedentes del yacimiento del antiguo convento de San Francisco. 1. Posible grupo ligur; 2. Posible grupo portugués; 3. Villafeliche; 4. Paterna; 5. Teruel 1; 6. Teruel 2; 7. BCN-DR/PI; 8. VdP; 9. BCN-SC; 10. Muel 2; 11. Muel 1; 12. Manises; 13. Talavera-Puente; 14. Sevilla; 15. Reus; 16. Lleida OB/SA; 17. Lleida REM; 18. BCN-DR/PI alterados.

ser considerada como alta para un grupo de individuos con un origen monogénico. Los componentes responsables para la mayor parte de esta variabilidad son sobre todo P_2O_5 , Cu, Na_2O , Sr, K_2O , CaO, MgO, Ni y Ba ($vt/\tau_i < 0.6$). Por otra parte, el componente que introduce una variación más baja es el Fe_2O_3 ($vt/\tau_i = 0.91$). Consecuentemente, el Fe_2O_3 ha sido escogido como divisor para la transformación en logaritmos de razones. La Figura 2 muestra el dendrograma resultante del análisis de conglomerados realizado sobre la subcomposición Al_2O_3 , MnO, TiO_2 , MgO, CaO, Na_2O , K_2O , SiO_2 , Ba, Nb, Zn, Sr, Ce, V, Zn, Ni y Cr, utilizando el Fe_2O_3 como divisor. El análisis ha sido realizado utilizando la distancia euclidiana al cuadrado y el método aglomerativo del centroide con el programa S-Plus 2000 (MathSoft, 1999).

El estudio del dendrograma (Figura 2) sugiere que la mayor parte de los individuos del Convento de San Francisco tiene un origen sevillano ($n=14$). Además, se han identificado dos agrupaciones que parecen no corresponderse con ninguno de los centros productores identificados previamente. En este sentido, el primer grupo contiene 5 posibles individuos clasificados arqueológicamente como ligures y una mayólica policromada clasificada estilísticamente como italiana. Por otra parte, el segundo grupo desconocido comprende 3 individuos clasificados arqueológicamente como portugueses. Igualmente también se ha detectado que 1 de los individuos coincide con el grupo de referencia de Manises. Los 2 individuos restantes (MJ0260 y MJ0284) permanecen de momento como no clasificados. La Figura 3 muestra un segundo análisis de agrupamiento basado únicamente en las cerámicas procedentes del convento de San Francisco y los grupos de referencia de Sevilla y de Manises. Este segundo dendrograma muestra claramente una estructura del conjunto de datos en cuatro agrupaciones principales (grupos 1, 2, 12 y 14), así como los dos individuos no clasificados (Figura 3, Tabla 3).

El grupo 1, de posible origen ligur, es claramente diferente del resto sobre todo en lo que respecta a las altas concentraciones de Ni y Cr (Figura 4). Los relativamente altos contenidos de Ni y Cr podrían ser característicos de zonas ofiolíticas, como sería la región de la Liguria y otras partes del norte de Italia (Maggetti, 2005). Así, estos resultados refuerzan la clasificación arqueológica de estos individuos como ligures o noritalianos.

El grupo 2 está compuesto por 3 individuos clasificados arqueológicamente como portugueses. Esta clasificación, combinada con las diferencias químicas observadas, permite su asignación como un grupo diferenciado del resto, aunque no formen un grupo particularmente homogéneo. En cualquier caso, los individuos del grupo 2 no se co-

FRX	Sevilla (n=90)		Manises (n=22)		Ligur (n=6)		Portugal (n=3)		MJ0284 (Sgraffito)	MJ0260
	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Composición	Composición
Fe ₂ O ₃ (%)	4.88	0.35	4.78	0.20	5.85	0.09	4.24	0.09	8.08	5.59
Al ₂ O ₃ (%)	12.72	0.98	14.51	0.67	13.21	0.41	12.13	0.23	18.96	15.26
MnO (%)	0.08	0.01	0.06	0.01	0.07	0.01	0.04	0.01	0.14	0.05
P ₂ O ₅ (%)	0.25	0.07	0.10	0.03	0.21	0.06	0.25	0.01	0.19	0.19
TiO ₂ (%)	0.68	0.04	0.62	0.03	0.66	0.02	0.89	0.03	0.91	0.83
MgO (%)	3.24	0.35	2.93	0.29	4.59	0.48	2.24	0.05	2.97	2.68
CaO (%)	21.81	2.53	23.99	2.05	19.93	1.46	28.27	4.36	7.29	8.50
Na ₂ O (%)	1.03	0.28	0.42	0.06	1.30	0.10	1.23	0.33	0.85	0.97
K ₂ O (%)	1.99	0.55	3.40	0.18	1.67	0.26	1.30	0.32	3.04	2.97
SiO ₂ (%)	53.18	2.23	49.06	1.60	52.34	1.29	49.30	3.87	57.41	62.83
Ba (ppm)	342	43	333	21	254	22	209	35	449	319
Nb (ppm)	17	1	17	1	15	0	23	1	23	20
Zr (ppm)	198	22	179	8	152	11	192	7	164	246
Sr (ppm)	438	60	331	32	651	83	326	65	242	343
Ce (ppm)	52	9	55	7	40	9	41	5	65	64
V (ppm)	71	10	67	10	80	7	57	3	127	103
Zn (ppm)	86	9	71	3	118	13	73	5	148	108
Cu (ppm)	83	72	94	52	73	55	40	14	74	43
Ni (ppm)	34	6	35	4	226	21	33	5	120	54
Cr (ppm)	78	9	64	4	232	25	72	5	137	96

TABLA 3.—Concentraciones elementales según los resultados de FRX para cada grupo caracterizado en el yacimiento del solar del antiguo convento de San Francisco. ppm = partes por millón. Desv. Est. = desviación estándar.

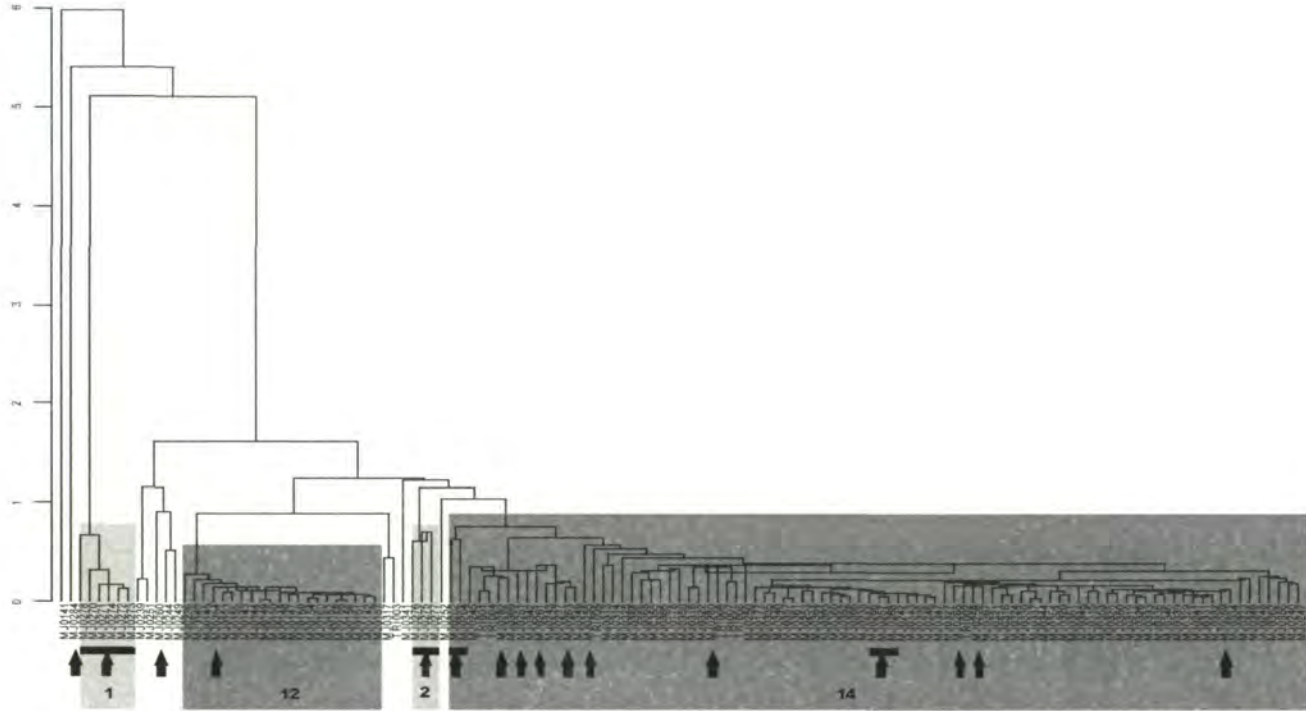


FIGURA 3: Dendrograma resultante del análisis de conglomerados de los datos químicos obtenidos por FRX de 131 Ic de Gran Canaria, Manises y Sevilla utilizando la distancia euclidiana al cuadrado y el algoritmo aglomerativo del centroide sobre la subcomposición Al_2O_3 , MnO , MgO , TiO_2 , CaO , Na_2O , K_2O , SiO_2 , Ba , Nb , Zr , Sr , Ce , V , Zn , Ni y Cr , transformada en logaritmos de razones utilizando el Fe_2O_3 como divisor. Las flechas indican los individuos procedentes del yacimiento del antiguo convento de San Francisco. 1. Posible grupo ligur; 2. Posible grupo portugués; 12. Manises; 14. Sevilla.

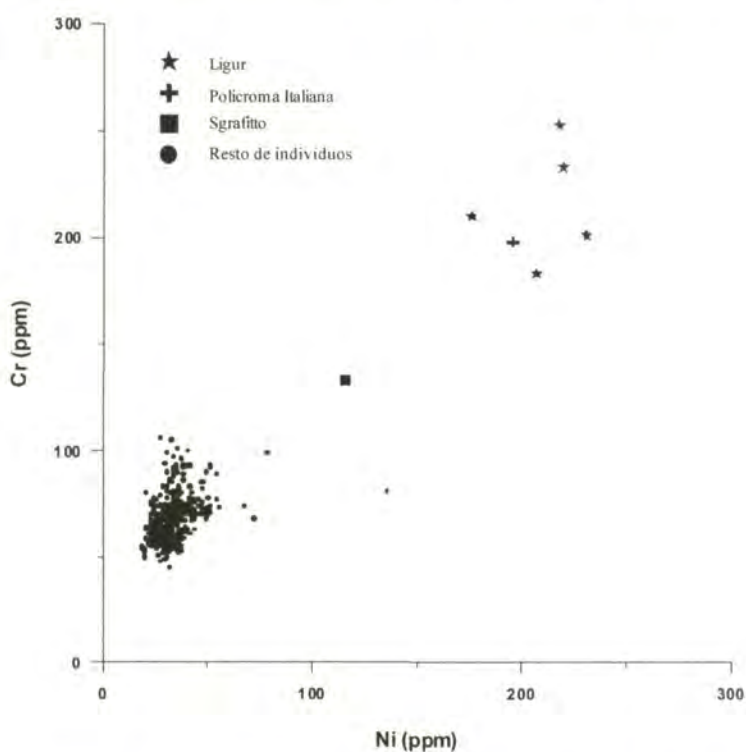


FIGURA 4. Diagrama bivalente de los datos de FRX normalizados sin transformar mostrando los contenidos de Ni y Cr de los Ic analizados.

responden con ninguno de los grupos de referencia caracterizados, lo que permite apoyar la idea de un origen portugués para estos individuos.

Por lo que respecta a los grupos de Manises y Sevilla, se ha de remarcar que las principales diferencias observadas por FRX entre estos centros residen en las respectivas diferencias en las concentraciones de Na_2O y K_2O . Desgraciadamente, estos elementos se ven altamente afectados por un doble proceso de alteración y contaminación ya explicado anteriormente, en el cual, posiblemente, habría una alteración de la fase vítrea, con la consiguiente lixiviación de potasio, seguido de una cristalización de analcima, que incorporaría sodio de las aguas de circulación. En este sentido, el análisis por DRX realizado en este trabajo indica que un gran número de individuos muestra analcima y, por tanto, parece justificado el hecho de descartar tanto

el Na_2O como el K_2O en el tratamiento estadístico. No obstante, su rol discriminante no parece apoyar esta decisión. Así, el diagrama bivalente de $\ln(\text{Na}_2\text{O}/\text{Fe}_2\text{O}_3)$ y $\ln(\text{K}_2\text{O}/\text{Fe}_2\text{O}_3)$ muestra que los individuos de Manises y Sevilla que no se encuentran afectados por analcima se encuentran claramente discriminados unos de los otros (Figura 5). Se habría de añadir que las cerámicas de Manises no han sufrido ningún proceso de alteración y contaminación como el previamente comentado, todo lo contrario que la mayor parte de las cerámicas procedentes de Sevilla.

Una vez visto que es posible discriminar entre Sevilla y Manises, la observación del grupo 14, que comprende la mayor parte de los individuos del grupo de referencia de Sevilla, permite observar que

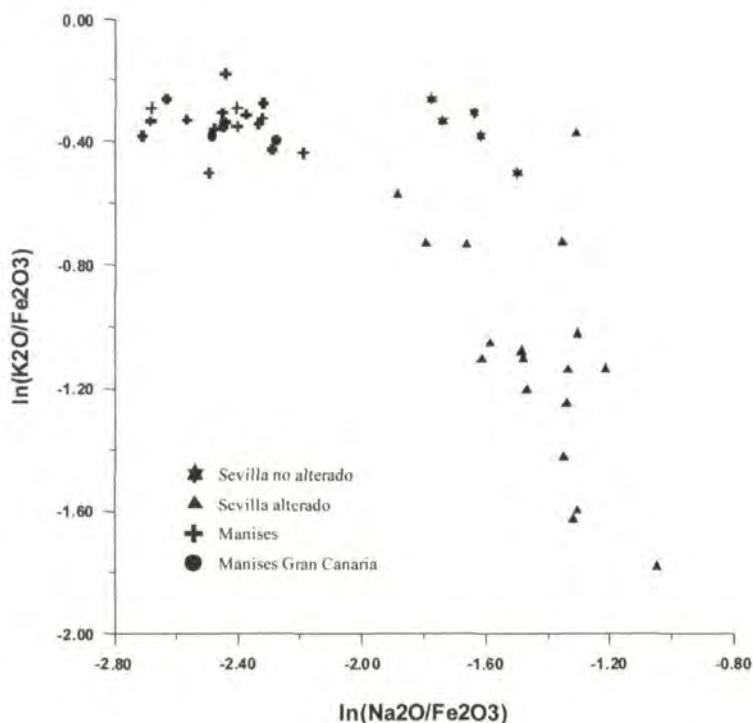


FIGURA 5. Diagrama bivalente de los datos de FRX transformados en logaritmos de razones utilizando el Fe_2O_3 como divisor mostrando los contenidos de Na_2O y K_2O de los 1c analizados provenientes de Manises y Sevilla. De los 2 1c de Manises encontrados en Gran Canaria sólo uno corresponde a las excavaciones del solar del antiguo convento de San Francisco.

la mayoría de los individuos estudiados del yacimiento del convento de San Francisco corresponden a producciones sevillanas, confirmando el importante rol que ya arqueológicamente se asignaba a este centro productor. Únicamente 1 individuo pertenece a las producciones de Manises, teniendo así este centro productor un papel menos relevante en el presente estudio.

Finalmente, y en lo que respecta al individuo MJ0284, hay que resaltar que es una cerámica de *sgraffito* que muestra altos contenidos en Ni y Cr, los cuales están por encima de la media de la mayólica peninsular, aunque no tan altos como las del grupo ligur (Figura 4). Por otro lado, el individuo MJ0260 está clasificado tipológicamente como Columbia simple. En la actualidad, con el presente banco de datos no es posible sugerir ninguna proveniencia para ambos individuos, y deberá esperarse al avance de futuras investigaciones.

Complementariamente al estudio por FRX, los datos obtenidos mediante la AAN sobre 18 individuos del convento de San Francisco han sido también estudiados en comparación con los resultados disponibles en el banco de datos del ARQUB, que engloba 246 individuos de los centros productores y receptores peninsulares, así como 4 individuos procedentes del yacimiento de la Cueva Pintada (Gáldar). La matriz de variación composicional muestra una variación total (vt) de 2.19 (Tabla 4), la cual puede considerarse igualmente alta para un conjunto monogénico (Buxeda y Kilikoglou, 2003). Los elementos que se pueden considerar principalmente responsables de esta variación son As, Cs, Rb, Sb, Sr, Ba, Ca, K, Mn y Na Ba, Cr y K ($vt/\tau_i < 0.5$). Debido a su alta variabilidad ni el As ni el Sb han sido tenidos en cuenta en el tratamiento estadístico, probablemente debido a procesos de contaminación durante el enterramiento, como podría ser el caso del As, o también debido a la plausible difusión de Sb procedente del vidriado de plomo de las cerámicas. Tampoco han sido tenidos en cuenta los valores de Co, Ni, Rb, K y Na por los motivos expuestos anteriormente. Además, tampoco se han utilizado los elementos U y Tb debido a su baja precisión analítica. Contrariamente, la variable que introduce la menor variabilidad al conjunto de los datos es el Eu ($vt/\tau_i = 0.93$), hecho por el cual ha sido escogido como divisor en la consiguiente transformación en logaritmos de razones. El análisis de agrupamiento se ha hecho a partir de la distancia euclidiana al cuadrado y el algoritmo aglomerativo del centroide en la siguiente subcomposición: La, Lu, Nd, Sm, Yb, Ce, Cr, Cs, Fe, Hf, Sc, Sr, Ta, Th, Zn, Zr, Al, Ba, Ca, Dy, Mn, Ti y V, utilizando el Eu como divisor. El estudio del dendrograma resultante (Figura 6) permite observar una estructura similar a la observada en los datos por FRX (Figura 2), en

AAN	As	La	Lu	Nd	Sm	U	Yb	Ce	Cr	Cs	Eu	Fe	Hf	Rb	Sb	Sc	Sr	Ta	Tb	Tb	Zn	Zr	Al	Ba	Ca	Dy	K	Mn	Na	Ti	V
As	0.00	0.25	0.26	0.25	0.25	0.35	0.26	0.25	0.31	0.42	0.25	0.24	0.30	0.40	0.36	0.25	0.53	0.25	0.25	0.26	0.30	0.30	0.24	0.37	0.36	0.25	0.37	0.30	0.55	0.25	0.26
La	0.25	0.00	0.01	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.09	0.18	0.00	0.02	0.04	0.11	0.26	0.01	0.29	0.02	0.01	0.01	0.07	0.04	0.01	0.09	0.16	0.01	0.07	0.10	0.37	0.01	0.05
Lu	0.26	0.01	0.00	0.01	0.01	0.05	0.01	0.01	0.09	0.21	0.01	0.03	0.04	0.13	0.28	0.02	0.28	0.02	0.01	0.01	0.07	0.03	0.02	0.11	0.14	0.01	0.09	0.10	0.34	0.02	0.06
Nd	0.25	0.00	0.01	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.09	0.19	0.01	0.02	0.04	0.11	0.28	0.02	0.30	0.02	0.01	0.01	0.07	0.04	0.01	0.10	0.16	0.01	0.08	0.10	0.37	0.02	0.06
Sm	0.25	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.09	0.19	0.00	0.02	0.03	0.12	0.28	0.02	0.29	0.01	0.01	0.01	0.07	0.03	0.01	0.10	0.15	0.00	0.08	0.10	0.36	0.01	0.06
U	0.35	0.07	0.05	0.07	0.06	0.00	0.07	0.06	0.18	0.24	0.08	0.11	0.12	0.13	0.34	0.09	0.29	0.07	0.07	0.05	0.15	0.10	0.07	0.13	0.20	0.08	0.11	0.22	0.48	0.08	0.14
Yb	0.26	0.01	0.01	0.01	0.00	0.07	0.00	0.00	0.09	0.20	0.01	0.02	0.03	0.12	0.28	0.02	0.31	0.02	0.01	0.01	0.07	0.03	0.02	0.10	0.16	0.01	0.09	0.10	0.35	0.02	0.06
Ce	0.25	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.09	0.19	0.00	0.02	0.04	0.11	0.27	0.01	0.29	0.02	0.01	0.00	0.07	0.04	0.01	0.09	0.15	0.01	0.07	0.10	0.37	0.01	0.05
Cr	0.31	0.09	0.09	0.09	0.09	0.18	0.09	0.09	0.00	0.33	0.07	0.04	0.13	0.28	0.30	0.04	0.22	0.11	0.09	0.11	0.09	0.07	0.20	0.17	0.00	0.09	0.21	0.12	0.27	0.07	0.05
Cs	0.42	0.18	0.21	0.19	0.19	0.24	0.20	0.19	0.33	0.00	0.22	0.22	0.29	0.07	0.51	0.20	0.70	0.16	0.20	0.16	0.25	0.30	0.16	0.23	0.46	0.20	0.16	0.40	0.70	0.22	0.24
Eu	0.25	0.00	0.01	0.01	0.00	0.08	0.01	0.00	0.07	0.22	0.00	0.01	0.03	0.14	0.26	0.01	0.26	0.02	0.01	0.02	0.06	0.03	0.01	0.10	0.14	0.01	0.09	0.08	0.34	0.01	0.04
Fe	0.24	0.02	0.03	0.02	0.02	0.11	0.02	0.02	0.04	0.22	0.01	0.00	0.07	0.16	0.25	0.00	0.26	0.04	0.02	0.03	0.04	0.07	0.01	0.11	0.16	0.02	0.11	0.07	0.30	0.02	0.02
Hf	0.30	0.04	0.04	0.04	0.03	0.12	0.03	0.04	0.13	0.29	0.03	0.07	0.00	0.20	0.32	0.07	0.32	0.05	0.04	0.05	0.14	0.02	0.07	0.16	0.18	0.03	0.14	0.13	0.39	0.04	0.12
Rb	0.40	0.11	0.13	0.11	0.12	0.13	0.12	0.11	0.28	0.07	0.14	0.16	0.20	0.00	0.42	0.14	0.61	0.10	0.12	0.09	0.19	0.21	0.11	0.16	0.40	0.13	0.06	0.32	0.68	0.15	0.20
Sb	0.36	0.26	0.28	0.28	0.28	0.34	0.28	0.27	0.30	0.51	0.26	0.25	0.32	0.42	0.00	0.25	0.49	0.34	0.28	0.28	0.27	0.34	0.28	0.29	0.41	0.28	0.39	0.55	0.27	0.25	
Sc	0.25	0.01	0.02	0.02	0.02	0.09	0.02	0.01	0.04	0.20	0.01	0.00	0.07	0.14	0.25	0.00	0.26	0.03	0.02	0.03	0.04	0.07	0.01	0.10	0.15	0.02	0.10	0.08	0.31	0.02	0.02
Sr	0.53	0.29	0.28	0.30	0.29	0.31	0.29	0.22	0.70	0.26	0.26	0.32	0.61	0.49	0.26	0.00	0.33	0.30	0.32	0.34	0.29	0.28	0.39	0.17	0.29	0.46	0.31	0.42	0.26	0.25	
Ta	0.25	0.02	0.02	0.02	0.01	0.07	0.02	0.02	0.11	0.16	0.02	0.04	0.05	0.10	0.34	0.03	0.33	0.00	0.02	0.01	0.10	0.05	0.02	0.13	0.18	0.02	0.08	0.16	0.41	0.03	0.08
Tb	0.25	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.09	0.20	0.01	0.02	0.04	0.12	0.28	0.02	0.30	0.02	0.00	0.01	0.07	0.04	0.02	0.11	0.16	0.01	0.09	0.10	0.35	0.02	0.06
Th	0.26	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01	0.00	0.11	0.16	0.02	0.03	0.05	0.09	0.28	0.02	0.32	0.01	0.01	0.00	0.07	0.05	0.01	0.09	0.18	0.01	0.06	0.12	0.40	0.03	0.06
Zn	0.30	0.07	0.07	0.07	0.07	0.15	0.07	0.07	0.08	0.25	0.06	0.04	0.14	0.19	0.27	0.04	0.34	0.10	0.07	0.07	0.00	0.14	0.06	0.15	0.18	0.07	0.17	0.09	0.35	0.07	0.05
Zr	0.30	0.04	0.03	0.04	0.03	0.10	0.03	0.04	0.13	0.30	0.03	0.07	0.02	0.21	0.34	0.07	0.29	0.05	0.04	0.05	0.14	0.00	0.07	0.16	0.17	0.03	0.14	0.13	0.38	0.04	0.12
Al	0.24	0.01	0.02	0.01	0.01	0.07	0.02	0.01	0.07	0.16	0.01	0.01	0.07	0.11	0.28	0.01	0.28	0.02	0.02	0.01	0.06	0.07	0.00	0.10	0.17	0.02	0.07	0.12	0.38	0.02	0.04
Ba	0.37	0.09	0.11	0.10	0.10	0.13	0.10	0.09	0.20	0.23	0.10	0.11	0.16	0.16	0.29	0.10	0.39	0.13	0.11	0.09	0.15	0.16	0.10	0.00	0.26	0.11	0.12	0.18	0.50	0.11	0.13
Ca	0.36	0.16	0.14	0.16	0.15	0.20	0.16	0.15	0.17	0.46	0.14	0.16	0.18	0.40	0.41	0.15	0.17	0.18	0.16	0.18	0.18	0.17	0.17	0.26	0.00	0.15	0.31	0.17	0.26	0.14	0.16
Dy	0.25	0.01	0.01	0.01	0.00	0.08	0.01	0.01	0.09	0.20	0.01	0.02	0.03	0.13	0.28	0.02	0.29	0.02	0.01	0.01	0.07	0.03	0.02	0.11	0.15	0.00	0.09	0.10	0.35	0.02	0.06
K	0.37	0.07	0.09	0.08	0.08	0.11	0.09	0.07	0.21	0.16	0.09	0.11	0.14	0.06	0.39	0.10	0.46	0.08	0.09	0.06	0.17	0.14	0.07	0.12	0.31	0.09	0.00	0.25	0.67	0.10	0.15
Mn	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.22	0.10	0.10	0.12	0.40	0.08	0.07	0.13	0.32	0.25	0.08	0.31	0.16	0.10	0.12	0.09	0.13	0.12	0.18	0.17	0.10	0.25	0.09	0.23	0.10	0.09
Na	0.55	0.37	0.34	0.37	0.36	0.48	0.35	0.37	0.27	0.70	0.34	0.30	0.39	0.68	0.53	0.31	0.42	0.41	0.35	0.40	0.25	0.38	0.38	0.50	0.26	0.35	0.67	0.23	0.00	0.33	0.29
Ti	0.25	0.01	0.02	0.02	0.01	0.08	0.02	0.01	0.07	0.22	0.01	0.02	0.04	0.15	0.27	0.02	0.26	0.03	0.02	0.03	0.07	0.04	0.02	0.11	0.14	0.02	0.10	0.33	0.00	0.05	0.05
V	0.26	0.05	0.06	0.06	0.06	0.14	0.06	0.05	0.05	0.24	0.04	0.02	0.12	0.20	0.25	0.02	0.25	0.08	0.06	0.06	0.05	0.12	0.04	0.13	0.16	0.06	0.15	0.09	0.29	0.05	0.00
t _i	9.25	2.35	2.51	2.44	2.36	4.26	2.48	2.34	4.20	8.19	2.35	2.52	3.62	6.16	9.60	2.41	10.11	2.90	2.53	2.53	3.73	3.60	2.49	4.95	6.22	2.46	4.98	4.79	11.96	2.56	3.28
vt _i	0.24	0.94	0.88	0.90	0.93	0.52	0.89	0.94	0.52	0.27	0.93	0.87	0.61	0.36	0.23	0.91	0.22	0.76	0.87	0.87	0.59	0.61	0.88	0.44	0.35	0.89	0.44	0.47	0.18	0.56	0.67
r _{v,t}	0.94	0.99	0.99	0.99	0.99	0.95	0.99	0.99	0.88	0.85	1.00	0.99	0.98	0.83	0.88	0.99	0.66	0.97	0.99	0.97	0.94	0.97	0.98	0.95	0.70	0.99	0.89	0.82	0.55	1.00	0.95
vt	2.19																														

TABLA 4.—Matriz de variación composicional calculada sobre los 268 Ic analizados por AAN. En cada columna i (i=1,...,S) se encuentran las varianzas después de la transformación en logaritmos de razones utilizando el componente x_i como divisor. vt = variación total; δ_i = suma total de las varianzas de la columna i; vt/δ_i = parte de la variación total en la matriz de covarianzas de logaritmos de razones utilizando el componente x_i como divisor respecto a la variación total; r_{v,t} = correlación entre los valores τ_{ij} (i≠j) y los valores correspondientes τ_{ji} (j=1,...,i-1,i+1,...,S).

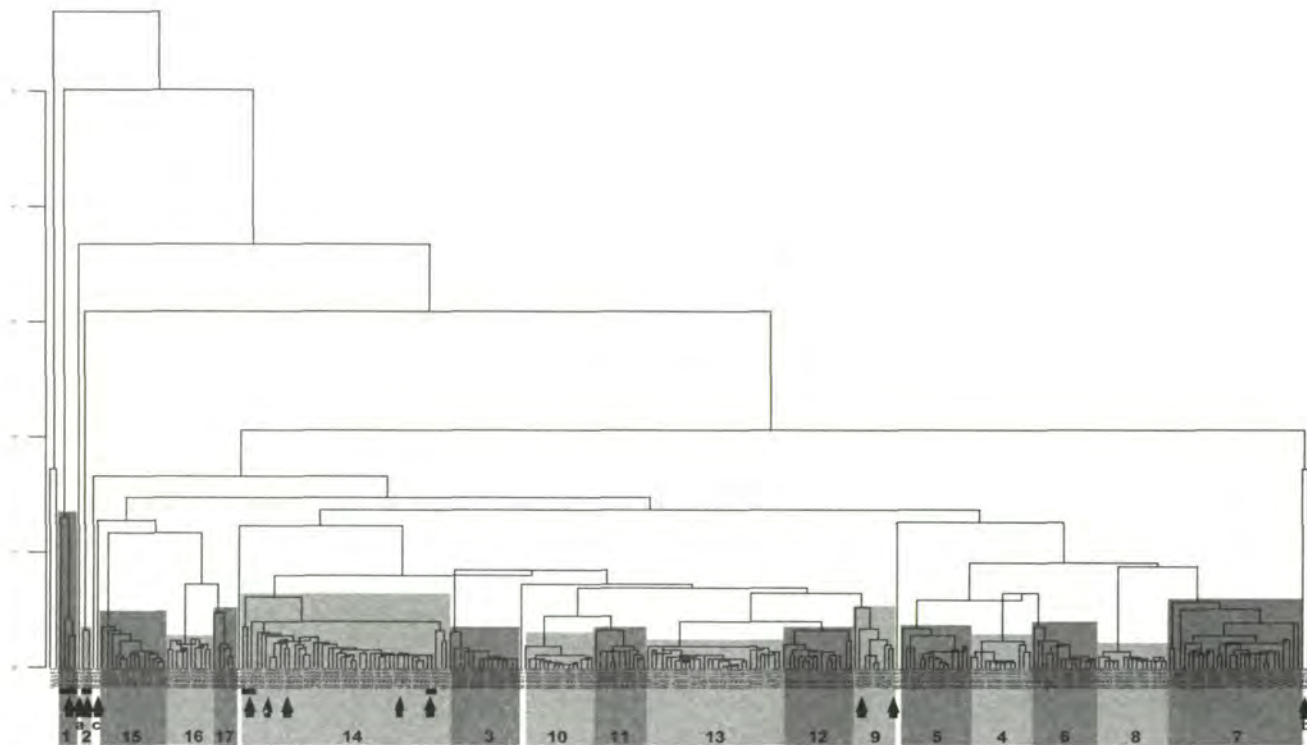


FIGURA 6. Dendrograma resultante del análisis de conglomerados de los datos químicos obtenidos por AAN de los 173 Ic utilizando la distancia euclidiana al cuadrado y el algoritmo aglomerativo del centroide sobre la subcomposición La, Lu, Sm Nd, U, Yb, Cr, Cs, Ce, Fe, Hf, Sc, Ta, Tb, Th, Zn, Zr, Al, Ba, Ca, Dy, Mn, Ti y V transformada en logaritmos de razones utilizando el Eu como divisor. Las flechas indican los Ic procedentes del yacimiento del antiguo convento de San Francisco. 1. Posible grupo ligur; 2. Posible grupo portugués; 3. Villafeliche; 4. Paterna; 5. Teruel 1; 6. Teruel 2; 7. BCN-DR/PI; 8. VdP; 9. BCN-SC; 10. Muel 2; 11. Muel 1; 12. Manises; 13. Talavera-Puente; 14. Sevilla; 15. Reus; 16. Lleida OB/SA; 17. Lleida REM.

la cual los individuos procedentes del convento de San Francisco se agrupan en las mismas producciones de origen. La principal diferencia se observa, además de en los individuos no clasificados, en el hecho que ahora se identifican, también, producciones de la ciudad de Barcelona.

Así, los resultados del estudio estadístico sugieren un buen ajustamiento entre los datos de FRX y los de AAN. En este sentido, como ya se ha indicado anteriormente, los individuos canarios analizados mediante las dos técnicas analíticas quedan asignados en los mismos grupos (Tablas 3 y 5, Figuras 1 y 5). Una diferencia importante entre los datos de FRX y AAN se da en los grupos de referencia del centro productor de Barcelona. A través de la AAN los grupos de BCN-DR y BCN-PI quedan unificados, contrariamente a lo que sucede por FRX (grupos 18 y 7 respectivamente), según la extensión del proceso de alteración y contaminación que ha afectado a los contenidos en sodio y potasio. Dado que en este caso no se han tenido en cuenta estos elementos, la división entre estos dos grupos no es, por tanto, aparente. Incluso los grupos de referencia de Manises y Sevilla se diferencian claramente entre sí, contrariamente a lo que sucede con los datos de FRX.

En este tratamiento, el posible grupo liguor incluye cuatro individuos, dos de los cuales han sido previamente asignados a este grupo por FRX, y los otros dos no habían sido previamente analizados mediante FRX. Estos cuatro individuos han sido clasificados arqueológicamente como producciones ligures, mostrando las típicas concentraciones altas de Ni y Cr, procediendo todos ellos del yacimiento del convento de San Francisco (Tabla 5).

De modo similar, el posible grupo portugués está formado por dos individuos, uno nuevo y uno que había sido previamente analizado por FRX. Como ya sucedía anteriormente, ambas cerámicas también han sido clasificadas arqueológicamente como portuguesas y proceden del convento de San Francisco. Según los datos de AAN, existe una clara distinción entre estos individuos y las agrupaciones previamente establecidas para los centros de producción de las coronas castellana y aragonesa.

Por lo que respecta al grupo de referencia de Manises, éste incluye una de las cerámicas procedentes de la Cueva Pintada (MJ0236). Desafortunadamente, el individuo MJ0254, clasificado como proveniente de Manises por FRX, no fue posible analizarlo mediante AAN. A pesar de ello, es importante resaltar que ni el Na ni el K han sido utilizados en esta clasificación y que, ello no obstante, la separación entre estos grupos de Manises y Sevilla es clara, destacándose así sus

AAN	Ligur (n=4)		Portugal (n=2)		Manises (n=16)		BCN-SC (n=7)		Sevilla (n=43)		MJ0284 (Sgraffito)	MJ0269 (Delfi)	MJ0294 (Verde y Negra)
	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Composición	Composición	Composición
As (ppm)	15.71	7.38	32.59	10.16	18.44	1.44	32.70	14.15	17.44	10.34	5.59	12.48	5.64
La (ppm)	26.72	1.37	26.70	2.15	36.05	1.08	35.84	1.88	30.96	1.72	39.97	23.62	34.72
Lu (ppm)	0.34	0.02	0.30	0.01	0.37	0.03	0.36	0.02	0.33	0.03	0.36	0.26	0.37
Nd (ppm)	23.88	0.88	24.80	2.10	31.23	0.80	31.30	2.35	26.33	2.34	34.48	21.19	27.77
Sm (ppm)	5.04	0.13	5.05	0.27	6.42	0.18	6.33	0.36	5.61	0.29	6.42	4.17	5.98
U (ppm)	2.41	0.27	2.86	0.25	3.28	0.34	2.52	0.47	2.42	0.30	2.34	1.62	2.98
Yb (ppm)	2.22	0.10	1.90	0.27	2.61	0.19	2.68	0.22	2.36	0.20	2.47	1.65	2.46
Ce (ppm)	55.19	2.85	55.75	4.25	70.77	2.77	72.09	3.82	61.97	3.49	83.81	49.14	66.39
Cr (ppm)	300.86	28.09	80.44	4.44	64.28	3.58	62.47	5.05	72.79	8.63	159.17	74.31	81.59
Cs (ppm)	3.65	1.28	3.26	0.07	8.87	1.61	6.45	1.66	5.02	0.89	8.46	5.62	9.94
Eu (ppm)	1.03	0.04	1.07	0.09	1.20	0.05	1.19	0.06	1.14	0.07	1.44	0.85	1.18
Fe (%)	4.04	0.24	2.77	0.08	3.23	0.17	3.14	0.20	3.20	0.26	5.65	2.31	3.73
Hf (ppm)	4.15	0.51	4.76	0.56	4.91	0.33	4.98	0.22	5.43	0.54	4.26	4.39	4.67
Rb (ppm)	60.24	33.27	50.33	12.64	127.31	11.62	104.83	24.85	72.18	13.45	151.88	38.82	141.29
Sb (ppm)	2.00	0.59	0.64	0.04	1.43	0.32	4.45	4.94	2.73	3.02	0.81	0.55	1.23
Sc (ppm)	14.36	0.87	10.24	0.82	11.31	0.57	12.12	0.84	11.22	0.99	19.65	8.58	14.15
Sr (ppm)	675.80	180.17	359.44	15.92	353.78	41.32	220.51	28.63	461.11	62.77	179.79	530.99	684.96
Ta (ppm)	0.91	0.14	1.40	0.12	1.23	0.07	1.04	0.08	0.94	0.07	1.63	0.79	1.34
Tb (ppm)	0.77	0.03	0.64	0.05	0.84	0.06	0.82	0.06	0.75	0.06	0.82	0.55	0.82
Th (ppm)	8.69	0.55	8.08	0.82	11.55	0.38	12.06	0.67	9.25	0.52	12.64	7.51	12.31
Zn (ppm)	107.93	6.32	66.38	5.59	70.32	10.66	93.70	10.20	75.76	22.60	141.04	62.26	111.58
Zr (ppm)	120.05	9.50	145.97	11.39	135.61	14.41	129.72	20.69	139.80	21.45	115.56	137.27	116.90
Al (%)	6.66	0.29	5.76	0.42	6.88	0.35	6.70	0.42	5.91	0.56	9.15	5.02	8.53
Ba (ppm)	238.58	63.12	159.77	0.31	545.42	801.20	361.25	42.53	334.90	116.91	293.19	148.22	304.53
Ca (%)	12.50	3.17	19.93	0.80	15.98	1.04	16.78	1.23	14.55	1.41	5.19	16.23	14.54
Dy (ppm)	3.79	0.25	3.33	0.05	4.48	0.26	4.46	0.38	4.10	0.31	3.95	3.01	4.55
K (%)	1.32	0.49	0.96	0.35	2.43	0.17	1.80	0.35	1.41	0.36	2.18	0.91	2.21
Mn (ppm)	486.05	92.13	245.67	48.92	488.36	70.17	506.85	26.33	630.75	145.97	1104.80	319.91	224.66
Na (%)	0.94	0.14	0.74	0.24	0.26	0.05	0.37	0.12	0.66	0.18	0.52	0.72	0.29
Ti (%)	0.35	0.02	0.45	0.02	0.34	0.02	0.35	0.02	0.34	0.03	0.47	0.23	0.37
V (ppm)	103.99	7.48	57.67	1.19	82.25	8.42	87.28	13.86	82.19	11.46	132.46	76.11	90.24

TABLA 5.—Concentraciones elementales según los resultados de AAN para cada grupo caracterizado en el yacimiento del solar del antiguo convento de San Francisco. ppm = partes por millón. Desv. Est. = desviación estándar.

diferencias químicas. En el caso del individuo MJ0285, a pesar de encontrarse gráficamente en el exterior del grupo BCN-SC, su similitud química con el grupo de Manises hace plausible su atribución preliminar a este último.

El grupo de referencia de Sevilla incluye 3 individuos del convento de San Francisco previamente clasificados como producciones sevillanas mediante FRX, así como 4 nuevos individuos que no habían sido analizados con anterioridad. Es importante resaltar que uno de estos últimos individuos se corresponde, según su tipología y decoración, a una producción de Delft (MJ0289).

Sorprendentemente, el individuo MJ0293, no analizado por FRX, pertenece al grupo de referencia de BCN-SC de Barcelona. De hecho, esta pieza había sido previamente clasificada arqueológicamente como una azul catalana. Hasta ahora, el estudio de la producción de mayólica de Barcelona había puesto de relieve la existencia de un gran grupo, llamado BCN-DR, ya que éste se encuentra relacionado directamente con el depósito de materiales cerámicos defectuosos mayoritariamente del siglo XVII hallado en el exterior de las actuales *Drassanes* (Reales Atarazanas) (Ainaud de Lasarte, 1941; Buxeda *et al.*, 2001; Iñáñez *et al.*, en prensa). Este grupo se encuentra relacionado con un segundo grupo de referencia identificado en la ciudad de Barcelona, el de BCN-PI, formado por materiales fechados en el siglo XIV y procedentes de la iglesia de Santa María del Pi de Barcelona, el cual no muestra una clara diferenciación química. Este gran grupo de referencia representa el mayor número de mayólicas analizadas de Barcelona, constituyendo al mismo tiempo el único grupo establecido que coincide con las cerámicas mayólica procedentes de los centros de consumo estudiados en Cataluña (Iñáñez, 2007). Además de estos grupos también se ha identificado un tercer grupo de referencia en Barcelona, el cual está representado por un bajo número de individuos. Este último grupo, llamado BCN-SC y formado por materiales fechados en el siglo XVII procedentes del antiguo hospital de la Santa Creu de Barcelona, parece ser un constituyente menor de las producciones barcelonesas. De esta manera es sorprendente que los únicos productos identificados como barceloneses en los centros receptores de Gran Canaria no pertenezcan al grupo mayoritario de BCN-DR/PI, sino que lo hacen al grupo de BCN-SC, convirtiéndose así en la primera identificación de este grupo fuera de la ciudad de Barcelona.

Los últimos 3 individuos del convento de San Francisco analizados por AAN permanecen, de momento, como no asignados a ningún grupo de referencia (Tabla 1). Estos tres individuos pueden ser considerados como diferentes los unos de los otros, sin que formen un

nuevo grupo. En la Figura 6 el individuo MJ0284, marcado con la letra *a*, y previamente analizado por FRX, es la única cerámica *sgraffito* estudiada en este trabajo. Según los resultados mediante FRX y AAN este individuo no se encuentra relacionado con ningún otro de los estudiados. El individuo MJ0269, marcado con la letra *b* en la Figura 6, fue clasificado arqueológicamente como una producción de Delft. El hecho de que este individuo no se una a ninguno de los grupos de referencia, y en ausencia de otros datos, puede sugerir una posible proveniencia holandesa. Finalmente, el individuo MJ0294, marcado con la letra *c* en la Figura 6, es la única mayólica decorada en verde y negro de este estudio. Aunque no ha sido asignada a ninguno de los grupos de referencia establecidos, su composición química se parece bastante a la del grupo de Lleida 2. No obstante, su contenido en Mn, alrededor de una tercera parte del de Lleida 2, claramente sugiere descartarlo de este grupo, quedando así sin una atribución de origen.

El centro de producción de Sevilla es, con diferencia, el grupo más representado entre los materiales estudiados del convento. Además, este es también el grupo más heterogéneo en términos de tipos de mayólica documentada. Además de la dorada (n=2), también se documentan la blanca sevillana (n=7), la Columbia simple (n=4), la azul sobre azul (n=3) y la isabela policromada (n=1).

Por lo que respecta a la cerámica de Barcelona, se ha determinado que una mayólica con decoración azul y blanca (MJ0293), identificada arqueológicamente como catalana, pertenece al grupo de referencia de BCN-SC. De esta manera, los resultados del convento de San Francisco no sólo significan la primera identificación de productos de BCN-SC fuera de Barcelona, sino que también proporcionan el primer ejemplo de mayólica no dorada que se ha identificado como procedente del grupo de referencia de BCN-SC.

Al dar un vistazo al tipo de cerámica estudiada veremos que los resultados muestran que la mayólica de reflejo metálico hallada en el convento de San Francisco tenía su origen en Manises y Sevilla. En el caso de Manises, la cerámica de reflejo metálico es actualmente el único tipo documentado de este centro productor en Gran Canaria. Esto parece ser razonable, ya que la cerámica dorada fue la producción más importante del centro productor de Manises (Soler, 1997). Finalmente, las dos cerámicas doradas restantes pueden ser atribuidas a las producciones sevillanas.

Un caso especial es el protagonizado por el individuo MJ0269, clasificado arqueológicamente como Delft. No obstante, y debido a que actualmente no disponemos de ningún grupo de referencia estableci-

do para los productos de Delft, su posible atribución a una producción holandesa sólo puede ser propuesta provisionalmente. Por el contrario, el individuo MJ0289, que químicamente corresponde al grupo de referencia de Sevilla, podría ser de una imitación sevillana de productos de Delft. La existencia de este tipo de imitaciones ha sido hipotetizada histórica y arqueológicamente (Pleguezuelo y Sánchez Cortegana, 1997), pudiendo confirmarse ahora arqueométricamente.

Por lo que respecta al tipo Columbia simple, todos sus individuos han sido clasificados como sevillanos, con la única excepción del individuo MJ0260, la proveniencia del cual no ha podido ser deducida.

El tipo azul sobre blanco está representado en el grupo de BCN-SC (MJ0293), así como también en el portugués (4 individuos) y el ligur (7 individuos). Consecuentemente, este tipo de mayólica muestra la dispersión más alta en lo que concierne a su origen entre la cerámica de Gran Canaria. Hace falta añadir que el grupo italiano también incluye un individuo con decoración policroma (MJ0278).

Finalmente, la única cerámica *sgraffito* (MJ0284) no puede ser asignada a ninguno de los grupos de referencia hasta ahora establecidos. A pesar de esto, se ha de resaltar que su contenido en Fe es el más elevado entre los individuos estudiados. Este hecho, conjuntamente con su relativo contenido medio en Ca, proporciona un color rojo característico al cuerpo cerámico. Este color, el cual no sería para nada deseable en las mayólicas, es un efecto buscado para la cerámica de tipo *sgraffito*, ya que su decoración se basa en trazar motivos rallando con un punzón sobre la superficie externa, normalmente vidriada, de un color contrastado con la matriz, de manera que estos trazos queden del color del cuerpo cerámico realzando así la decoración (Lazzarini *et al.*, 1980).

Las asignaciones de individuos a los grupos de referencia de Sevilla y Manises han sido corroboradas probabilísticamente mediante el cálculo estadístico de la distancia de Mahalanobis (Tabla 6). Esta distancia se calcula según

$$D^2 = (\mathbf{y} - \boldsymbol{\mu})' \boldsymbol{\Sigma}^{-1} (\mathbf{y} - \boldsymbol{\mu}) ,$$

donde \mathbf{y} es el vector de logaritmos de razones del individuo que se compara, $\boldsymbol{\mu}$ es el vector de las medias de logaritmos de razones del grupo de referencia de Sevilla, y $\boldsymbol{\Sigma}^{-1}$ es la inversa de la matriz de covarianzas de logaritmos de razones de este grupo de referencia. La significación de esta distancia puede ser valorada mediante el cálculo de la T^2 de Hotelling (Davis, 1986) según

$$T^2 = \frac{n_a n_b}{n_a + n_b} D^2 ,$$

Probabilidades de Pertenencia de grupo (%)							
FRX				AAN			
Sigla	Manises	Sevilla	Proveniencia sugerida	Sigla	Manises	Sevilla	Proveniencia sugerida
MJ0254	3.51	0.00	Manises	MJ0258	0.03	98.07	Sevilla
MJ0255	2.12	0.00	Sevilla	MJ0262	0.13	7.06	Sevilla
MJ0257	0.37	80.07	Sevilla	MJ0268	0.02	97.83	Sevilla
MJ0258	0.92	14.48	Sevilla	MJ0269	0.00	0.30	Delft?
MJ0259	0.56	16.09	Sevilla	MJ0270	0.00	0.00	Ligur
MJ0260	0.01	0.00	Sevilla	MJ0272	0.00	0.00	Ligur
MJ0261	0.10	1.17	Sevilla	MJ0275	0.18	0.00	Portuguesa
MJ0262	0.17	0.26	Sevilla	MJ0284	0.01	0.00	No agrupada
MJ0263	1.82	11.55	Sevilla	MJ0285	10.86	0.02	Manises?
MJ0264	0.52	0.02	Sevilla	MJ0286	0.01	14.21	Sevilla
MJ0265	0.33	23.28	Sevilla	MJ0287	0.03	0.11	Sevilla
MJ0266	1.04	66.76	Sevilla	MJ0288	0.00	0.00	Sevilla
MJ0268	0.54	38.79	Sevilla	MJ0289	0.03	3.81	Sevilla
MJ0270	0.00	0.00	Ligur	MJ0290	0.00	0.00	Ligur
MJ0271	0.00	0.00	Ligur	MJ0291	0.00	0.00	Ligur
MJ0272	0.00	0.00	Ligur	MJ0292	0.05	0.00	Portuguesa
MJ0273	0.00	0.00	Ligur	MJ0293	39.65	0.01	BCN-SC
MJ0274	0.00	0.00	Ligur	MJ0294	0.12	0.00	No agrupada
MJ0275	0.01	0.00	Portuguesa				
MJ0276	0.04	0.00	Portuguesa				
MJ0277	0.01	0.00	Portuguesa				
MJ0278	0.00	0.00	Ligur				
MJ0280	0.04	11.89	Sevilla				
MJ0281	0.18	16.70	Sevilla				
MJ0282	0.46	69.62	Sevilla				
MJ0284	0.00	0.00	No agrupada				

TABLA 6.—Distancias de Mahalanobis y probabilidad de pertenencia al grupo expresada en porcentaje de los 26 Ic procedentes del yacimiento canario del solar del antiguo convento de San Francisco y comparados con los 68 Ic clasificados como mayólica de Sevilla de los siglos xv-xvii. Éstas han sido calculadas a partir de los datos obtenidos por FRX y utilizando subcomposición Al_2O_3 , MnO, TiO_2 , MgO, CaO, SiO_2 , Ba, Nb, Zr, Sr, Ce, V, Zn, Ni y Cr, transformada en logaritmos de razones utilizando el Fe_2O_3 como divisor. *: individuos asociados con Sevilla.

donde n_a corresponde al número de individuos considerados en y (26 en este caso) y n_b corresponde al número de individuos considerados en el grupo receptor utilizado. Este valor se transforma después en un test F de igualdad multivariante según

$$F = \left(\frac{n_a + n_b - s - 1}{(n_a + n_b - 2)s} \right) T^2,$$

donde s es el número de variables utilizadas en el cálculo de D^2 , con s y $(n_a + n_b - s - 1)$ grados de libertad. De ésta, finalmente, se obtiene la probabilidad de pertenecer al grupo de referencia. Con el fin de englobar el máximo número de cerámicas estudiadas en el presente trabajo, el cálculo de esta probabilidad ha sido realizado tanto sobre los individuos analizados por FRX como por aquellos por AAN. En el primer caso se han realizado los cálculos sobre la subcomposición Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , SiO_2 , Ba , Nb , Zr , Sr , Ce , V , Zn , Ni y Cr , transformada en logaritmos de razones utilizando el Fe_2O_3 como divisor, y excluyendo el K_2O y el Na_2O por la presencia del doble proceso de alteración y contaminación detectado en un gran número de individuos. En el caso de los individuos analizados por AAN los cálculos han sido realizados sobre la subcomposición La , Lu , Nd , Sm , Yb , Ce , Cr , Cs , Fe , Hf , Sc , Sr , Ta , Th , Zn , Zr , Al , Ba , Ca , Dy , Mn , Ti y V , utilizando el Eu como divisor.

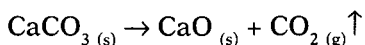
Mediante este análisis estadístico se ha podido comprobar cómo las asignaciones al grupo de Sevilla presentan una alta probabilidad de pertenencia al grupo, hecho que refuerza la hipótesis de una producción sevillana para la mayoría de las cerámicas analizadas. De todos modos, se constata cómo los individuos MJ0255, MJ0261, MJ0262 y MJ0264, atribuidos a Sevilla a partir del estudio del análisis de conglomerados, ofrecen probabilidades inferiores al 5%. Este hecho marca claramente el carácter marginal de estos individuos respecto al grupo de referencia de Sevilla. Las razones más probables para estos resultados son la existencia de pequeñas modificaciones en la composición química por diversos procesos de alteración y/o contaminación, pero no se puede descartar la existencia de producciones, muy posiblemente en la propia Sevilla, con composiciones ligeramente diferentes a la identificada hasta el presente. De todos modos, según el estado actual de conocimiento, estos 4 individuos pueden ser incluidos, plausiblemente, en las producciones de Sevilla.

En lo que atañe al individuo MJ0285, el cálculo estadístico realizado permite asignar una plausible asignación al grupo de Manises. No obstante, para este individuo no ha podido comprobarse su pro-

babilidad estadística de pertenencia al grupo de BCN-SC debido al bajo número de muestras que componen dicho grupo. Por lo tanto, no se puede descartar categóricamente su relación con el grupo BCN-SC, a pesar de algunas diferencias entre la composición química de esta cerámica con respecto al grupo de referencia, especialmente por los elementos Cs y Hf.

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA

Los resultados obtenidos mediante FRX muestran que todos los individuos del convento de San Francisco se corresponden con cerámicas definidas tecnológicamente como calcáreas. La división entre cerámicas calcáreas ($\text{CaO} > 5\text{-}6\%$) y poco calcáreas ($\text{CaO} < 5\text{-}6\%$) es una de las divisiones primordiales en lo que respecta a la tecnología cerámica. Normalmente, los altos contenidos en CaO de una cerámica se deben a una presencia importante de carbonato cálcico o calcita, la descomposición de la cual se produce a altas temperaturas según:



Esta descomposición favorece, por un lado, la cristalización de calco-silicatos y calco-alumino-silicatos de alta temperatura, y por otro lado, la aparición de CO_2 , el gas que provoca la aparición de una micro estructura celular (Tite *et al.*, 1982). Además, las pastas calcáreas, como son las de la mayoría de las producciones aquí estudiadas, favorecen el desarrollo de colores claros a altas temperaturas debido a la descomposición de la calcita, al desarrollo de piroxenos y a la inhibición del desarrollo de óxidos de hierro (hematites sobre todo) en cocciones oxidantes (Maniatis *et al.*, 1981; Maniatis *et al.*, 1983; Molera *et al.*, 1998). Previsiblemente, estos colores suaves son deseados para el cuerpo cerámico de las mayólicas, ya que así se evitaría un mayor contenido en partículas opacificantes en el vidriado para convertirlo totalmente en opaco.

La situación de los individuos caracterizados de la muestra del convento de San Francisco se puede observar en el sistema $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO+Fe}_2\text{O}_3\text{+MgO}$ (Figura 7). En este diagrama triangular se puede observar cómo la mayor parte de los individuos de esta producción se encuentran ubicados en el triángulo de equilibrio termodinámico cuarzo-anortita-wollastonita y en el triángulo wollastonita-anortita-gehlenita, a excepción de dos individuos que se sitúan en el exterior inferior de este último. Esto significa que, partiendo de un magma

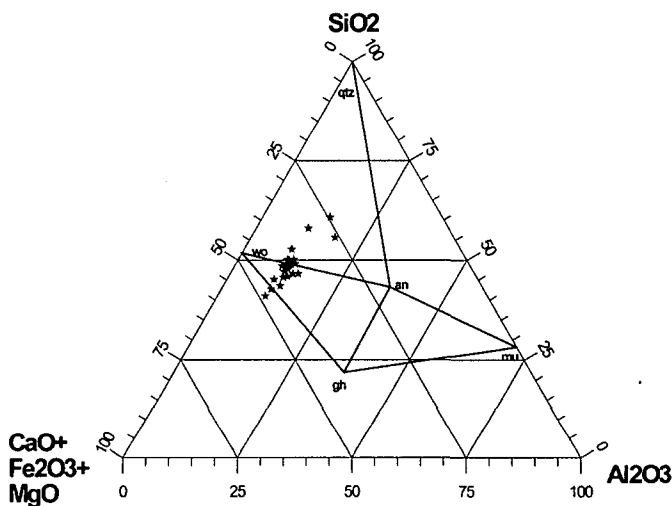


FIGURA 7: Triángulo de equilibrio termodinámico correspondiente a los individuos analizados por FRX de los yacimientos del antiguo convento de San Francisco. an: anortita; gh: gehlenita; mu: mullita; qtz: cuarzo; wo: wollastonita.

con la composición de estos individuos, su enfriamiento llevaría a la cristalización de estos minerales. Evidentemente, en el estudio de las cerámicas no se parte de un magma, sino de una pasta compuesta por minerales arcillosos y otros, formando parte tanto de la fase arcillosa como de las partículas no plásticas o desgrasantes. A medida que la temperatura aumenta durante la cocción, las fases minerales primarias comenzarán un proceso de descomposición que tendrá como resultado la formación de una fase vítrea y la cristalización de fases cristalinas de alta temperatura. De esta manera, cuanto más alta sea la temperatura conseguida durante la cocción, puede considerarse que las fases que cristalizan durante la misma serán las que formen su triángulo de equilibrio termodinámico ((Heimann, 1989; Maggetti, 1981).

El estudio de los difractogramas de DRX de las cerámicas que componen la muestra de los yacimientos canarios estudiados permite realizar una separación inicial en 8 fábricas según las asociaciones de fases cristalinas observadas. Estas fábricas se corresponden con diferencias tecnológicas relacionadas con diferentes temperaturas de cocción para cada fábrica, así como con posibles alteraciones y/o

contaminaciones observadas, las cuales no han podido ser interpretadas satisfactoriamente (Tabla 7).

En el caso de Sevilla, la fábrica F1a, representada por el individuo MJ0258 (Figura 8 superior), muestra una intensidad de sus picos de illita-moscovita bastante baja, así como unos picos significativos de gehlenita y piroxenos. Esta asociación de fases cristalinas permite estimar una temperatura de cocción equivalente (TCE) en el rango de los 850 a 950/1000 °C, ya que la presencia de gehlenita y de piroxeno, probables fases de cocción, indica que se superó la temperatura de los 850 °C, mientras que la presencia aún de illita-moscovita permite estimar que no se sobrepasaron los 950-1000 °C. Las fases cristalinas observadas en los individuos de la fábrica F1b, representada por el individuo MJ0263 (Figura 8 centro), presenta una asociación de fases cristalinas de cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa, calcita, hematites, piroxeno, gehlenita, leucita y analcima. Esta asociación de fases cristalinas permite estimar una temperatura de cocción equivalente en el rango de los 1000/1050 °C, ya que la ausencia de illita-moscovita indica que se superó la temperatura de los 950-1000 °C, mientras que la presencia de gehlenita permite inferir que no se superaron los 1050 °C.

Para Manises, la fábrica F2a, compuesta por el Ic MJ0254 (Figura 8 inferior), presenta cuarzo, calcita, posibles restos de feldespato potásico, hematites y fases de cocción como piroxeno, plagioclasa y gehlenita. El hecho que la illita-moscovita se haya descompuesto totalmente, unido a la presencia de piroxeno y gehlenita, así como la cristalización de plagioclasa, permite estimar una TCE en el rango 1000-1050 °C. Se ha de destacar que estos individuos no presentan analcima como fase secundaria.

En el caso de las producciones portuguesas, la fábrica F3a, representada por el Ic MJ0275 (Figura 9 superior izquierda), muestra en su difractograma importantes picos de cuarzo junto a un fuerte desarrollo de la gehlenita. Así mismo, también presenta calcita, hematites y feldespatos. Esta combinación mineralógica permite estimar su TCE en el rango de los 1000-1050 °C, ya que no hay illita-moscovita, manteniéndose aún la gehlenita. La fábrica F3b, representada por el Ic MJ0276 (Figura 9 inferior izquierda), presenta una composición similar a la anterior fábrica, aunque con la presencia de analcima, seguramente como fase secundaria. De esta manera, la TCE estimada debería situarse también alrededor de los 1000-1050 °C, con la cristalización de una fase secundaria durante el enterramiento.

La fábrica F4a, correspondiente a la cerámica esgrafiada y que se encuentra representada sólo por el individuo MJ0284 (Figura 9 supe-

Antiguo Convento de San Francisco

Fábrica	TCE (°C)	Sevilla	Manises	Portugal	Ligur	Sgraffito	No clasificada	Total
F1a	850-950/1000	MJ0258, MJ0265	-	-	-	-	-	2
F1b	1000-1050	MJ0255, MJ0257, MJ0259, MJ0261, MJ0262, MJ0263, MJ0264, MJ0266, MJ0268, MJ0280, MJ0281, MJ0282	-	-	-	-	-	12
F2a	1000-1050	-	MJ0254	-	-	-	-	1
F3a	1000-1050	-	-	MJ0275	-	-	-	1
F3b	1000-1050	-	-	MJ0276, MJ0277	-	-	-	2
F5a	1000-1050	-	-	-	MJ0270, MJ0271, MJ0272, MJ0278, MJ0273, MJ0274	-	-	6
F4a	850-950/1000	-	-	-	-	MJ0284	-	1
F6a	850-950/1000	-	-	-	-	-	MJ0260	1
Total		14	1	3	6	1	1	26

TABLA 7.—Fábricas definidas en los Ic del yacimiento del solar del antiguo convento de San Francisco a partir de la asociación de fases cristalinas por DRX, con la expresión de la temperatura de cocción equivalente (TCE).

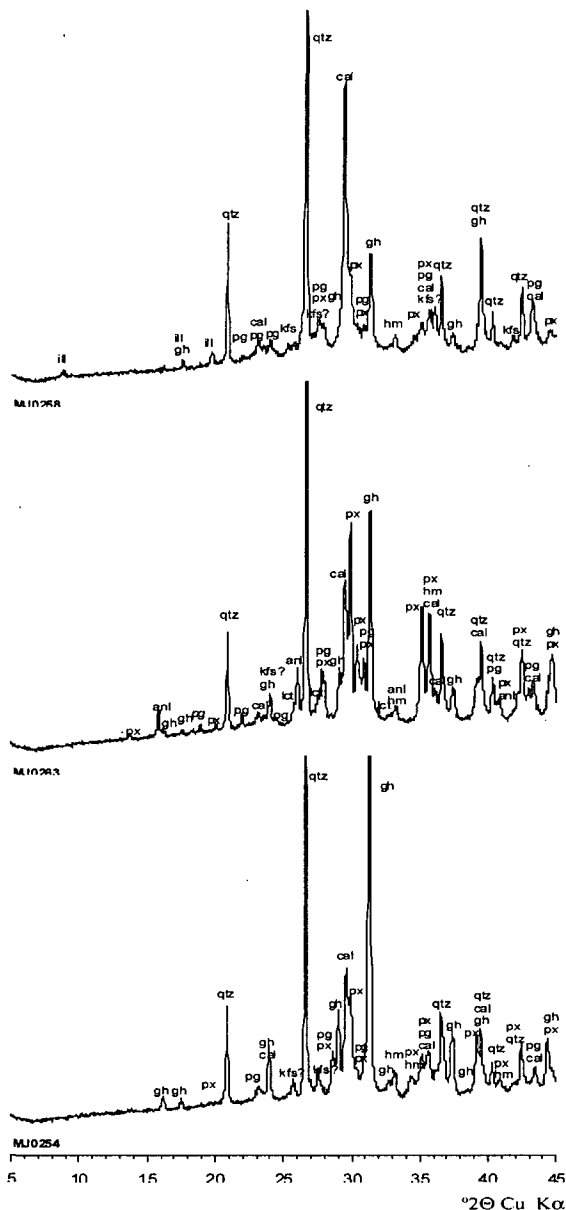


FIGURA 8. Superior: difractograma del individuo MJ0258, representando la fábrica F1a. Centro: difractograma del Ic MJ0263, correspondiente a la fábrica F1b. Inferior: difractograma del Ic MJ0254, correspondiente a la fábrica F2a. anl: analcima; ill: illita-moscovita; qtz: cuarzo; cal: calcita; kfs: feldespato alcalino; hm: hematites; pg: plagioclasa; gh: gehlenita; px: piroxeno; lct: leucita.

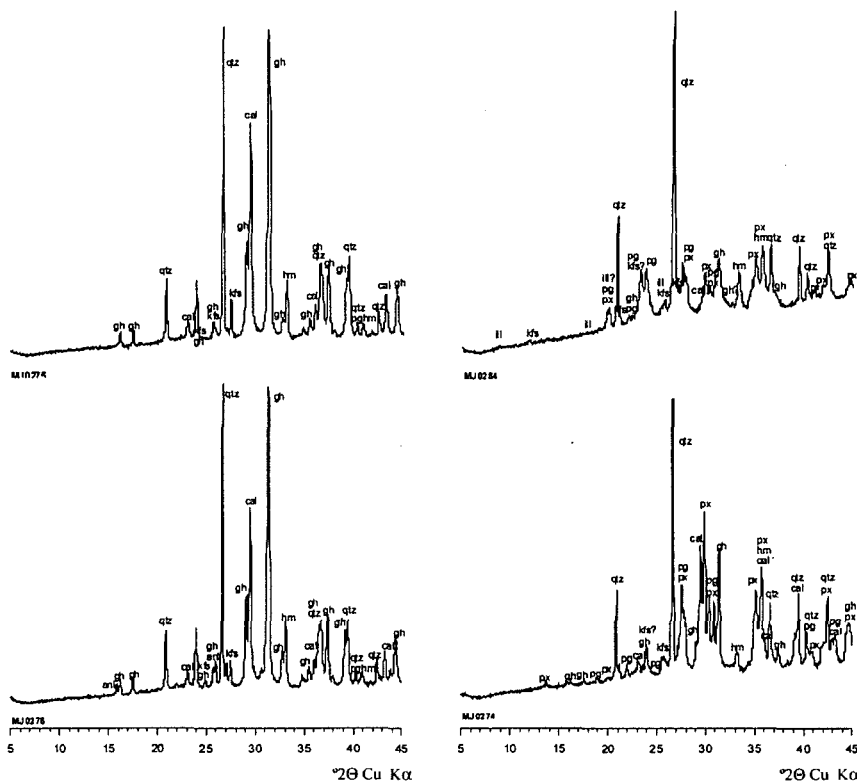


FIGURA 9. Superior izquierda: difractograma del individuo MJ0275, representando la fábrica F3a. Inferior izquierda: difractograma del Ic MJ0276, correspondiente a la fábrica F3b. Superior derecha: difractograma del individuo MJ0284, representando la fábrica F4a. Inferior derecha: difractograma del individuo MJ0274, representando la fábrica F5a. anl: analcima; ill: illita-moscovita; qtz: cuarzo; cal: calcita; kfs: feldespato alcalino; pg: plagioclasa; hm: hematites; gh: gehlenita; px: piroxeno.

rior derecha), muestra un difractograma con una intensidad de sus picos de illita-moscovita aún importantes, así como picos más significativos de plagioclasa y piroxenos. La presencia de gehlenita en esta fábrica es bastante dudosa. De esta manera, esta asociación de fases cristalinas permite estimar una TCE en el rango de los 850 a 950/1000 °C, ya que la presencia del piroxeno indica que probablemente se superó la temperatura de los 850 °C, mientras que la presencia aún de illita-moscovita permite estimar que no se sobrepasaron los 950-1000 °C. Esta fábrica, además, presenta la particularidad de mostrar

picos de intensidad bastante alta de hematites, en gran parte responsable de la coloración roja de las pastas arcillosas con contenidos de CaO no demasiado altos como es el caso (Tablas 3 y 5). Este hecho se ha de poner en relación con la tecnología de la pieza cerámica, llamada *sgraffito*, la cual se sirve de una pasta de color rojo intenso para hacer juegos de contrastes de colores con la cubierta vidriada.

La fábrica F5a se encuentra compuesta por 6 individuos ligures y está representada por el Ic MJ0274 (Figura 9 inferior derecha). Sobre esta fábrica es remarcable la ausencia de illita-moscovita. De otro lado, también parece haber una presencia aún importante de feldespato potásico, así como una importante presencia de piroxenos y gehlenita. De esta manera, la asociación de fases cristalinas presentes en esta fábrica permite estimar una TCE posiblemente en el rango de los 1000-1050 °C.

Así como sucede con la pieza de *sgraffito* o las mayólicas foráneas, la fábrica F6a, compuesta por el individuo MJ0260, no concuerda con ningún otro grupo de referencia químico estudiado con anterioridad (Figura 10). Este hecho puede diferenciar tecnológicamente esta fábrica. De esta manera, la observación de illitas-moscovitas y de piroxenos, la no identificación segura de gehlenita, así como la presencia de feldespato potásico permiten estimar una TCE en el rango 850 a 950/1000 °C.

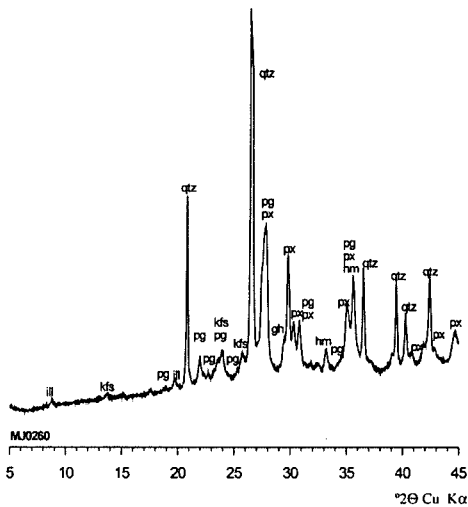


FIGURA 10.—Difractograma del individuo MJ0260, representando la fábrica F6a. ill: illita-moscovita; qtz: cuarzo; kfs: feldespato alcalino; hm: hematites; pg: plagioclasa; gh: gehlenita; px: piroxeno.

Como se ha podido comprobar, todas estas producciones comparan una misma tecnología de producción, basada en la utilización de pastas calcáreas y en la utilización de unas cocciones en torno a los 950/1000 °C, que corresponden a una óptima maduración de los vidriados de plomo (Alaimo *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

El origen del monopolio del comercio americano puede ser atribuido a la creación de la Casa de Contratación en Sevilla en 1503. Esta agencia controlaba directamente todo el comercio de mercancías que eran transportadas hacia América desde el reino de Castilla. Consecuentemente, entre los siglos xv y el xviii, los ceramistas sevillanos produjeron la mayoría de la mayólica exportada hacia América (Sánchez Cortegana, 1994). Por esta razón, la cerámica sevillana tiene una gran importancia en el registro arqueológico de las islas Canarias, así como en otros lugares americanos. Este estudio confirma que la mayoría de las cerámicas procedentes del yacimiento del antiguo convento de San Francisco presentan un origen sevillano. No obstante, Sevilla no fue el único centro de producción que exportó cerámica hacia América, según los resultados de caracterización del presente estudio.

Las fuentes históricas, especialmente los numerosos archivos notariales y comerciales generados por la Casa de Contratación y preservados en el Archivo de Indias, nos indican la existencia de un control férreo sobre esta red comercial. En este sentido, las repetidas quejas de los comerciantes canarios con tal de incrementar su cuota de comercio con América son paradigmáticas de esta situación. La ocurrencia de cerámicas de diferentes orígenes podría ser explicada por diferentes posibilidades que no se excluyen mutuamente. De un lado, y a pesar del severo control del monopolio castellano, podría darse una vigorosa actividad de contrabando, según los estudios arqueológicos y arqueométricos. Se ha de resaltar que, en un principio, sólo los comerciantes castellanos tenían licencia para comerciar con América. De esta manera, ningún otro podía proporcionar legalmente cerámicas de otras partes. De otro lado, objetos con un origen no sevillano podían haber sido incluidos en cargamentos realizados por comerciantes castellanos, especialmente cuando los ceramistas de Sevilla no eran capaces de proporcionar un producto similar (Pleguezuelo, 2003; Pleguezuelo y Sánchez Cortegana, 1997).

Este trabajo sugiere la llegada de cerámicas, y posiblemente de otras

mercancías, de diferentes lugares del Mediterráneo, como Italia, Manises y Barcelona, así como también de Portugal y, posiblemente, de Holanda. No obstante, la participación de todos estos centros productores, su impacto y la variedad de los productos relacionados en este proceso ha de ser aún determinada, siendo necesario un estudio más profundo y generalizado al resto de islas Canarias, así como a los posibles centros receptores americanos. A pesar de esto, este estudio muestra que la red comercial estudiada, la más importante de aquel período, es mucho más compleja de lo que en un principio se podría asumir. Los mecanismos exactos por los cuales los diferentes tipos de cerámica entran en estos flujos, ya sean lícitos o no, no son fáciles de entender. Por este motivo, este tipo de trabajos necesita extenderse para obtener un conocimiento más comprensible. De esta manera, el rol representado por las islas Canarias en esta red comercial se convierte en un campo de investigación por sí mismo, siendo vital en la investigación del comercio con América durante este período.

BIBLIOGRAFÍA

- AINAUD DE LASARTE, J. «Loza dorada y alfarería barcelonesa: Siglos XV-XVI». *Anales y boletín de los museos de arte de Barcelona: arte antiguo*, 1 (1941), pp. 89-104.
- AITCHISON, J. *The statistical analysis of compositional data*. London; New York: Chapman and Hall, 1986.
- AITCHISON, J., *et al.* «Logratio analysis and compositional distance». *Mathematical Geology*, 32 (2000), pp. 271- 275.
- ALAIMO, R., *et al.* «Microchemical and microstructural characterisation of medieval and post-medieval ceramic glaze coatings». *Applied Physics A: materials science and processing*, 79 (2004), pp. 263-272.
- ALZOLA GONZÁLEZ, J.M. *La iglesia de San Francisco de Asís de Las Palmas*. Las Palmas de Gran Canaria: Real Sociedad Económica de Amigos del País de Las Palmas de Gran Canaria, 1986.
- BUXEDA, J. «Alteration and contamination of archaeological ceramics: the perturbation problem». *Journal of archaeological science*, 26 (1999a), pp. 295-313.
- BUXEDA, J. «Problemas en torno a la variación composicional». En: CAPEL MARTÍNEZ, J. (ed.). *Arqueometría y arqueología*. Granada: Universidad de Granada, 1999b, vol. 47, pp. 305-322.
- BUXEDA, J.; MADRID FERNÁNDEZ, M.; GURT I ESPARRAGUERA, J.M. «Provenença i tecnologia de les ceràmiques de pisa i d'obra de Manises del dipòsit de la Plaça Gran de Mataró». En: *La ceràmica catalana del segle XVII trobada a la plaça Gran (Mataró)*. Barcelona: Associació Catalana de Ceràmica Decorada i Terrissa, 2001, pp. 155-170.
- BUXEDA, J.; KILIKOGLU, V. «Total variation as a measure of variability in chemical data sets». En: VAN ZELST, L. (ed.). *Patterns and process: a Festschrift*

- in honor of Dr. Edward V. Sayre*. Suitland, Maryland: Smithsonian Center for Materials Research and Education, 2003, pp. 185-198.
- BUXEDA, J.; MADRID FERNÁNDEZ, M.; IÑÁÑEZ, J.G. *Estudio de caracterización arqueométrica de las producciones de cerámica vidriada de Talavera*. Barcelona: Equip de Recerca Arqueomètrica de la Universitat de Barcelona, 2003.
- DAVIS, J.C. *Statistics and data analysis in Geology*. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- GLASCOCK, M.D.; SPEAKMAN, R.J.; NEFF, H. «Archaeometry at the University of Missouri Research Reactor and the provenance of obsidian artefacts in North America». *Archaeometry*, 49 (2007), pp. 343-357.
- HEIMANN, R. «Assessing the technology of ancient pottery: the use of ceramic phase diagrams». *Archeomaterials*, 3 (1989), pp. 123-148.
- HEIN, A., *et al.* «Standardisation of elemental analytical techniques applied to provenance studies of archaeological ceramics: an inter laboratory calibration study». *Analyst*, 127 (2002), pp. 542-553.
- IÑÁÑEZ, J.G. *Caracterització arqueomètrica de la ceràmica vidrada decorada de la Baixa Edat Mitjana al Renaixement dels principals centres productors de la Península Ibèrica*. Barcelona: Universitat de Barcelona, Barcelona, 2007.
- IÑÁÑEZ, J.G., *et al.* «Characterization of 15th-16th Century majolica pottery found on the Canary islands». En: GLASCOCK, M.D.; SPEAKMAN, R.J.; POPELKA-FILCOFF, R.S. (ed.). *Archaeological Chemistry: analytical techniques and archaeological interpretation*. Washington D.C.: American Chemical Society, 2007, pp. 376-398.
- IÑÁÑEZ, J.G.; BUXEDA, J. «Pisa arcaica i ceràmica vidrada del segle XIII a Barcelona: un estudi arqueomètric». *Quarhis: quaderns d'arqueologia i història de la ciutat de Barcelona*, 3 (2007), pp. 160-179.
- IÑÁÑEZ, J.G.; BUXEDA I GARRIGÓS, J.; MADRID FERNÁNDEZ, M. «La pisa de Barcelona: una aproximació arqueomètrica al seu estudi». *Arqueologia medieval*, 3 (en prensa).
- LAZZARINI, L., *et al.* «Chemical, mineralogical and Mössbauer studies of Venetian and Paduan Renaissance sgraffito ceramics». *Archaeometry*, 22 (1980), pp. 57-68.
- MAGGETTI, M. «Composition of Roman pottery from Lausanna (Switzerland)». En: HUGHES, M.J. (ed.). *Scientific studies in ancient ceramics*. London: The British Museum, 1981, pp. 33-49.
- MAGGETTI, M. «The Alps: a barrier or a passage for ceramic trade?». *Archaeometry*, 47 (2005), pp. 389-401.
- MANIATIS, Y.; SIMOPOÚLOS, A.; KOSTIKAS, A. «Moessbauer study of the effect of calcium content on iron oxide transformations in fired clays». *Journal of the American Ceramic Society*, 64 (1981), pp. 263-269.
- MANIATIS, Y., *et al.* «Effect of reducing atmospheres on minerals and iron oxides developed in fired clays: the role of Ca». *Journal of the American Ceramic Society*, 66 (1983), pp. 773-781.
- MATHSOFT. *S-PLUS 2000: user's guide*. Seattle: MathSoft. Data Analysis Products Division, 1999.
- MOLERA, J.; PRADELL, T.; VENDRELL-SAZ, M. «The colours of Ca-rich ceramic pastes: origin and characterization». *Applied clay science*, 13 (1998), pp. 187-202.
- PLEGUEZUELO, A.; SÁNCHEZ CORTEGANA, J.M. «La exportación hacia América de cerámicas europeas (1492-1650)». En: *Transferències i comerç de ceràmica a*

- l'Europa Mediterrània: Actes de les XV Jornades d'Estudis Històrics Locals*. Palma de Mallorca: Institut d'Estudis Baleàrics, 1997, pp. 333-363.
- PLEGUEZUELO, A. «Centers of traditional Spanish mayolica». En: FARWELL, R.; PIERCE, D.; PLEGUEZUELO, A. (ed.). *Cerámica y cultura: the story of Spanish Mexican mayólica*. Albuquerque: University of New Mexico, 2003, pp. 24-47.
- SÁNCHEZ CORTEGANA, J.M. *El oficio de ollero en Sevilla en el siglo XVI*. Sevilla: Diputación Provincial de Sevilla, 1994.
- SOLER, M.P. «Cerámica valenciana». En: SÁNCHEZ-PACHECO, T. (ed.). *Cerámica española*. Madrid: Espasa Calpe, 1997, pp. 135-178.
- TITE, M.S., et al. «Technological studies of ancient ceramics from the Near East, Aegean and Southeast Europe». En: WERTIME, T.A.; WERTIME, S.F. (ed.). *The evolution of the first fire-using industries*. Washington: Smithsonian Institution, 1982, pp. 66-71.

Fecha de recepción: 31 de enero de 2008

Fecha de aceptación: 26 de marzo de 2008