



# ESPACIO, TIEMPO Y FORMA

AÑO 2014

ISSN 1131-7698

E-ISSN 2340-1354

# 7

SERIE I PREHISTORIA Y ARQUEOLOGÍA  
REVISTA DE LA FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

UNED



# ESPACIO, TIEMPO Y FORMA

AÑO 2014  
ISSN 1131-7698  
E-ISSN 2340-1354

**7**

**SERIE I PREHISTORIA Y ARQUEOLOGÍA**  
REVISTA DE LA FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

DOI: <http://dx.doi.org/10.5944/etfi.7.2014>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA

La revista *Espacio, Tiempo y Forma* (siglas recomendadas: ETF), de la Facultad de Geografía e Historia de la UNED, que inició su publicación el año 1988, está organizada de la siguiente forma:

- SERIE I — Prehistoria y Arqueología
- SERIE II — Historia Antigua
- SERIE III — Historia Medieval
- SERIE IV — Historia Moderna
- SERIE V — Historia Contemporánea
- SERIE VI — Geografía
- SERIE VII — Historia del Arte

Excepcionalmente, algunos volúmenes del año 1988 atienden a la siguiente numeración:

- N.º 1 — Historia Contemporánea
- N.º 2 — Historia del Arte
- N.º 3 — Geografía
- N.º 4 — Historia Moderna

ETF no se solidariza necesariamente con las opiniones expresadas por los autores.

*Espacio, Tiempo y Forma*, Serie I está registrada e indexada, entre otros, por los siguientes Repertorios Bibliográficos y Bases de Datos: DICE, ISOC (CINDOC), RESH, IN-RECH, Dialnet, e-spacio, UNED, CIRC, MIAR, FRANCIS, PIO, ULRICH'S, SUDOC, 2DB, ERIH (ESF).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA  
Madrid, 2014

SERIE I · PREHISTORIA Y ARQUEOLOGÍA N.º 7, 2014

ISSN 1131-7698 · E-ISSN 2340-1354

DEPÓSITO LEGAL  
M-21.037-1988

URL

ETF I · PREHISTORIA Y ARQUEOLOGÍA · <http://revistas.uned.es/index.php/ETF1/index>

DISEÑO  
Ángela Gómez Perea  
<http://angelaomezperea.com>

COMPOSICIÓN  
Carmen Chíncoa Gallardo  
<http://www.laurisilva.net/cch>

Impreso en España · Printed in Spain



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons  
Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

# VIDRIOS ROMANOS DE *BRACARA AUGUSTA* (PORTUGAL): ANÁLISIS ARQUEOMÉTRICO

## ROMAN GLASS FROM *BRACARA AUGUSTA* (PORTUGAL): ARCHAEOMETRIC ANALYSIS

Rosario García Giménez<sup>1</sup> & M. Dolores Petit-Domínguez<sup>2</sup> & Isabel S. de Soto<sup>3</sup> & Isabel Rucandio<sup>4</sup>

Recibido: 24/6/2015 · Aceptado: 30/7/2015

DOI: <http://dx.doi.org/10.5944/etfi.7.2014.14572>

### Resumen

En este trabajo se han estudiado vidrios romanos de *Bracara Augusta*, actualmente Braga (Portugal), a través de su composición química, analizando los constituyentes mayoritarios, minoritarios y traza mediante espectrometría de plasma-masas (ICP-MS). Los resultados obtenidos han sido tratados estadísticamente, por un lado realizando diversos análisis univariantes, y por otro llevando a cabo una clasificación de las muestras mediante análisis de clasificación jerárquica y varios análisis discriminantes. Se llega a la conclusión de que, si bien todas las muestras de vidrio presentan una composición parecida en cuanto a los elementos mayoritarios, existen algunas diferencias significativas tanto en éstos como en los elementos minoritarios estudiados que permiten su clasificación. Además, mediante el análisis discriminante se establecen grupos en función de la datación de los vidrios y se pueden incluir en ellos las muestras previamente no datadas en los grupos anteriores.

### Palabras clave

Vidrios romanos, análisis químico, análisis arqueométrico, *Bracara Augusta*, Portugal.

### Abstract

In this work Roman glass from *Bracara Augusta*, nowadays Braga (Portugal), were studied through their chemical composition, analyzing the major, minor and trace constituents using plasma-mass spectrometry (ICP-MS). The obtained data were statistically analysed, with the following statistical methodologies: (i) various

---

1. Autor responsable: Rosario García Giménez. Departamento de Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Campus de Excelencia Internacional de la Universidad Autónoma de Madrid; [rosario.garcia@uam.es](mailto:rosario.garcia@uam.es)

2. Departamento de Química Analítica y Análisis Instrumental. Facultad de Ciencias. Campus de Excelencia Internacional de la Universidad Autónoma de Madrid.

3. Departamento de Ciencias del Medio Natural. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Pública de Navarra.

4. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Madrid.

univariate analyses and (ii) several multivariate analyses which gave rise to a sample classification using hierarchical classification and by multiple discriminant analyses. Results concluded that, while all the glass samples showed a similar composition in terms of major components, there were some significant differences in these and in the minor components that allowed their classification. Furthermore, discriminant analysis helped to establish groups based on the dating of the glass and include undated samples in the previous stated groups.

### Keywords

Roman glass, Chemical analysis, archaeometric analysis, *Bracara Augusta*, Portugal.

## INTRODUCCIÓN

Las investigaciones arqueológicas acerca de los talleres de materiales antiguos identifican los indicadores de producción tales como crisoles, ladrillos, materiales refractarios, vidrios, etc. Los análisis científicos sobre este tipo de indicadores proporcionan una información suficiente, que no estaría disponible de otra manera, sobre la naturaleza de las materias primas empleadas y su procedencia, además del tipo de combustible utilizado, el impacto ambiental de la industria y las relaciones posibles entre recursos del territorio y el desarrollo su fabricación de manufacturas. Los análisis científicos también aportan información útil sobre aspectos tecnológicos: los diferentes pasos del ciclo de producción, los materiales utilizados y su transformación en objetos terminados, los hornos y las temperaturas de trabajo.

Los estudios sobre vidrios han sido de gran importancia. Así, Isings (1957) desarrolló un compendio completo y general sobre las tipologías de vidrios romanos. En Francia, Foy *et al* (2000) realizaron un estudio intensivo de estos materiales arqueológicos. En Inglaterra, Cool y Price (1995) analizaron muestras procedentes de Colchester y finalmente, Price y Cottam (1998) redactaron un manual sobre los vidrios británicos antiguos. Algunos estudios se han centrado en vasos de vidrio antiguos, entre ellos destacan los trabajos de Brill (1999), Gratuze y Soulier (2000), Amrein (2000), Paolucci (2001), Picon y Vichy (2003) y muy recientemente Topic *et al.* (2015).

En la Península Ibérica, diferentes grupos de investigadores han considerado las producciones romanas de vidrios desde 1959, así por ejemplo, Alarcão y Alarcão (1967) proporcionaron una descripción de los encontrados en *Conímbriga* (Portugal). Otros investigadores se centran en la descripción de los procedentes de España: Herrera de Pisuerga (Palencia) (Vigil Pascual 1959), Cáceres (Caldera de Castro 1988), Cádiz (Andalucía) (Fuentes 1998), Cataluña (Carreras Rossell 1995), Galicia (Xusto Rodríguez 1996) y Aragón (Beltrán Lloris y Ortiz Palomar 2001). En la actualidad algunos grupos de investigadores han dirigido sus trabajos hacia el estudio de estos materiales para determinar su origen (García Heras *et al.* 2005; Carmona *et al.* 2008; Mirti *et al.* 2009; Palomar *et al.* 2009) o ver su interacción con medios atmosféricos, acuáticos y enterramientos (Palomar *et al.* 2012; Palomar 2013).

Hasta la fecha son escasos los trabajos publicados en relación con vidrios romanos del Noroeste de la Península Ibérica. Entre ellos destacan los de da Cruz (2009) y Petit-Domínguez *et al.* (2013) correspondientes a vidrios romanos procedentes de Braga, Portugal (*Bracara Augusta*) y Petit-Domínguez *et al.* (2014) en los relativos al Noroeste Ibérico, donde se han estudiado diferentes composiciones químicas y su posible origen al compararlos con los materiales antiguos de otros grupos de vidrios, justificando la adscripción a talleres de fabricación sitios en *Bracara Augusta*, durante el Imperio Romano.

## 1. MATERIALES Y MÉTODOS

Se han caracterizado un total de 64 muestras de vidrios procedentes del museo de Braga (Portugal), escogidas y datadas por da Cruz (2009) según su forma (tazas y frascos), color (blanco, negro, azul, verde, amarillo, marrón, incoloro, etc.), transparencia y época (alto y bajo Imperio Romano) (Tabla 1 y Figura 1). Se ha determinado la composición química tanto de los elementos minoritarios como de los mayoritarios.

Los análisis químicos se han efectuado por espectrometría de plasma acoplado por inducción con un espectrómetro de masas como detector (ICP-MS) en un

TABLA 1. Descripción de las muestras analizadas

COLOR	TIPO	ÉPOCA
Verde azulado	copa acanalada (1), copa Hofhein (53), garrafa cuadrilateral (22, 54), botella (25), materia prima (32, 40, 55), contenedor (64)	finales siglo III a principios siglo IV (1), época de Augusto (53), siglos I a III (22, 54), siglos I a II (25), desconocida (32, 40, 55), incierta pero del siglo IV (64)
Verde	copa (7, 49), tesela (30)	finales siglo IV a principios siglo V (7, 49), época romana a medieval (30)
Incoloro	plato (2), vidrio decorativo (4, 5), copa (61), copa semiesférica (10), copa arqueada (13), botella (19), ventana (35), diatrete (46), plato (51)	finales siglo I a siglo IV (2, 4, 5), última mitad del siglo I al siglo II (61), siglo I a siglo III (10), siglo IV a siglo V (13), incierta pero entre los siglos IV y V (19, 35), primera mitad el siglo IV (46), incierta pero entre el siglo I y III (51)
Azul	tazón (3), copa (7), copa semiesférica (47), borde de jarra (24), materia prima (27)	desconocida (3, 27), época de Augusto (47), siglos IV a V (24)
Verde amarillento	copa (8, 17, 39), copa cónica (6), copa arqueada (11), copa cilíndrica (12), copa acanalada (52), aro (18), botella (20, 21), jarra (23, 24), materia prima (31), borde indefinido (62, 63)	finales siglo IV a V (8), incierta pero del siglo V (17), incierta pero de los siglos IV a V (11, 12, 20, 21, 23, 24, 39), incierta pero del siglo IV (6, 62, 63), siglo I (52), desconocida (18, 31)
Verde acastañado	copa (14, 15, 16), copa semiesférica (44)	siglos V a VI (14, 15, 16), época de Augusto a Nerón (44)
Negro	materia prima (26)	desconocida (26)
Amarillo	copa (50), copa convexa (48), cuenta (58)	época de Augusto a Nerón (50), incierta pero del siglo I al III (48), desconocida (58)
Castaño	materia prima (28)	desconocida (28)
Blanco	cuenta (57)	desconocida (57)

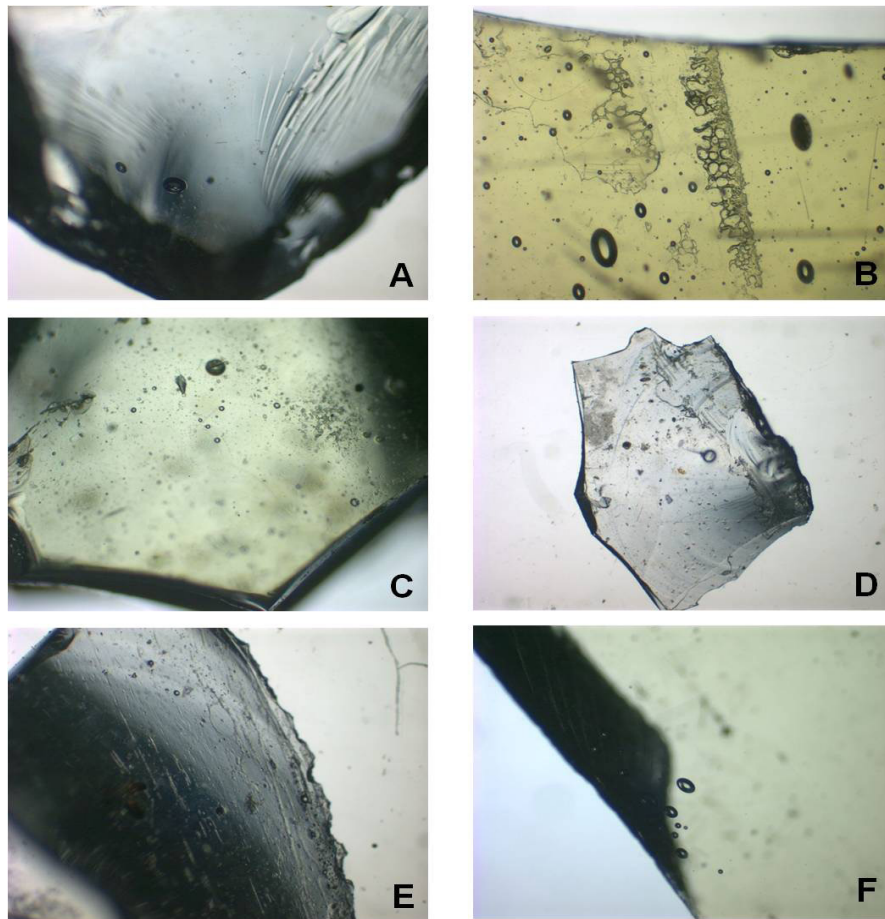


FIGURA 1.- DETALLE DE LAS OBSERVACIONES DE LOS VIDRIOS CON LUPA BINOCULAR TODAS ELLAS CON UN AUMENTO DE X64. **A)** MUESTRA 26, MATERIA PRIMA DE COLOR NEGRO Y ÉPOCA DESCONOCIDA, DONDE SE DISTINGUEN MARCAS SUPERFICIALES DE RAYADO E IMPACTOS REDONDEADOS TAMBIÉN SUPERFICIALES. **B)** MUESTRA 20, BOTELLA DE COLOR VERDE AMARILLENTO DE ÉPOCA ENTRE LOS SIGLOS IV Y V, CON NUMEROSAS BURBUJAS OVOIDES, ALGUNAS CON EL BORDE OSCURO TÍPICO DE LAS INCLUSIONES GASEOSAS EN VIDRIO. SE IDENTIFICA CON CLARIDAD RESTOS DEL FUNDENTE CON ESTRUCTURA DE TIPO PANAL DE ABEJA. **C)** MUESTRA 13, COPA ARQUEADA INCOLORA DE ÉPOCA ENTRE LOS SIGLOS IV Y V, CON NUBES DE BURBUJAS ESFÉRICAS DE DIFERENTES TAMAÑOS Y ALGUNOS RESTOS DE FUNDENTE. **D)** MUESTRA 47, COPA SEMIESFÉRICA DE LA ÉPOCA DE AUGUSTO, CON BURBUJAS DE DIFERENTES MORFOLOGÍAS Y GRUPOS DE ÓXIDOS DE HIERRO, AMARILLENTO, DISEMINADOS ALEATORIAMENTE. **E)** MUESTRA 49, FRAGMENTO DE COPA OPACA DE ÉPOCA ENTRE EL SIGLO I AL IV, CON BORDE DENTADO EXTERIOR Y NUMEROSAS MARCAS E IMPACTOS SUPERFICIALES, LO QUE INDICA SU ESCASA DUREZA. **F)** MUESTRA 35, VENTANA INCOLORA Y TRANSPARENTE DE ÉPOCA ENTRE EL SIGLO I AL IV, CON INCLUSIONES ALINEADAS DE BURBUJAS OVOIDES.

instrumento Perkin-Elmer Sciex modelo Elan 6000. Esta es una de las técnicas de análisis químico más importante para la caracterización de materiales sólidos y ha sido usada en estudios arqueológicos, debido a que proporciona información química de un gran número de elementos con una alta sensibilidad (Marengo *et al.* 2005; Williams 2005). Previamente se llevó a cabo la disolución de las muestras de la siguiente manera: una mínima cantidad de muestra (entre 20 y 25 mg) se trata con 10 cc de ácido fluorhídrico concentrado y se calienta en una placa calefactora. A continuación se adicionan 15 cc de agua regia y se calienta de nuevo, hasta sequedad.



El residuo que queda se disuelve en 1 ml de ácido clorhídrico concentrado y se diluye con agua ultrapura en matraces aforados de teflón. Todos los reactivos fueron de grado analítico y se utilizó agua ultrapura en todas las preparaciones y análisis. Se determinaron los siguientes constituyentes mayoritarios expresados como porcentajes de sus respectivos óxidos: aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), calcio ( $\text{CaO}$ ), hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnesio ( $\text{MgO}$ ), manganeso, ( $\text{MnO}_2$ ), sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) y titanio ( $\text{TiO}_2$ ). El óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) se ha estimado por diferencia del 100% menos la suma de los porcentajes del resto de los constituyentes mayoritarios. Entre los elementos minoritarios (expresados como partes por millón, ppm, de tales elementos) se han determinado: Ag (plata), B (boro), Ba (bario), Be (berilio), Ce (cerio), Co (cobalto), Cr (cromo), Cs (cesio), Cu (cobre), Dy (disprobio), Er (erbio), Eu (europio), Ga (galio), Gd (gadolinio), Ho (holmio), La (lantano), Li (litio), Mo (molibdeno), Nd (neodimio), Ni (níquel), Pb (plomo), Pr (praseodimio), Rb (rubidio), Sb (antimonio), Sc (escandio), Sm (samario), Sn (estaño), Sr (estroncio), Tb (terbio), Th (torio), U (uranio), V (vanadio), W (volframio), Y (itrio), Zn (cinc) y Zr (circonio). Se ha comprobado que no existen pérdidas de los distintos elementos durante la digestión de las muestras (errores inferiores al 5% de los valores certificados para los diferentes elementos), utilizando materiales de referencia de distintos vidrios (NIST SRM 620, 1830 y 1411) y sometiéndolo a los mismos tratamientos químicos y análisis.

Los resultados obtenidos se sometieron a un procesamiento estadístico de los datos mediante los programas SPSS 18, Statgraphics Plus 5.0 for Windows® y Ginkgo versión 1.14 (De Cáceres 2003). En primer lugar se llevo a cabo un análisis univariante estableciendo los principales estadísticos descriptivos y representando los resultados de los mayores constituyentes mediante gráficos de cajas y bigotes. En una segunda etapa, con los resultados de los análisis químicos de los elementos mayoritarios, de los minoritarios y traza, se han clasificado las muestras en varios grupos y subgrupos efectuando un estudio estadístico multivariante a través de dendogramas. En una tercera etapa, se ha realizado otro estudio estadístico multivariante, mediante dos análisis discriminantes, uno de ellos basado en la composición química de elementos minoritarios y traza y considerando la clasificación establecida previamente. El otro se ha realizado en función de la cronología de las muestras, para agruparlas de manera que presenten una composición similar, permitiendo datar algunos de estos elementos e incorporarlos en los conjuntos previamente establecidos. Estos análisis discriminantes se han realizado con los datos normalizados de las distintas variables.

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.1. ELEMENTOS QUÍMICOS MAYORITARIOS

Se han efectuado los gráficos de cajas y bigotes con los datos obtenidos del análisis químico de los mayores constituyentes (Figura 2). Como se puede apreciar

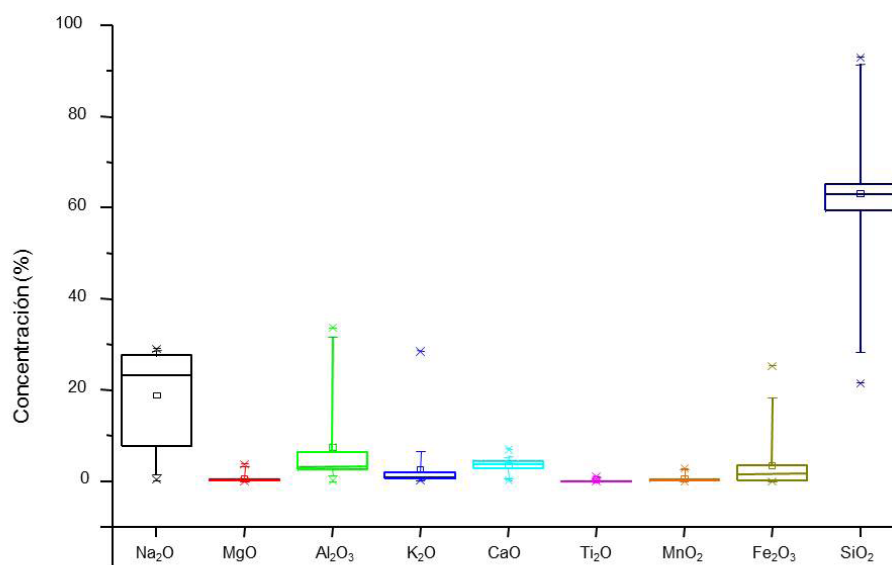


FIGURA 2: DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA LOS ÓXIDOS DE LOS ELEMENTOS MAYORITARIOS.

en esta figura, solo existe alta variabilidad en el contenido de los óxidos de Na y Si.

Estos resultados indican que las muestras tienen la composición típica de los vidrios romanos, ya que contienen SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O y CaO (silica, soda, lime) (García Heras *et al.* 2005; Mirti *et al.* 2009; Da Cruz 2009, Arletti *et al.* 2010), y concentraciones menores de óxidos de potasio, magnesio, aluminio, titanio, hierro y manganeso. El componente principal de los vidrios es la sílice, cuyo valor medio se aproxima al 63%, valores similares a los mencionados por Schibille *et al.* (2008, 2012) en vidrios del Oriente medio. La concentración de Na<sub>2</sub>O alcanza un valor medio de 23% también coincidente con los valores proporcionados por Tite *et al.* (2015), aunque en esta ocasión para vidrios bizantinos. Las muestras con concentraciones elevadas de SiO<sub>2</sub> se caracterizan por una buena cohesión de la matriz del vidrio, así como alta resistencia mecánica y estabilidad química (García Heras *et al.* 2005). Asimismo, dichas concentraciones de sílice proporcionan, a elevadas temperaturas, una etapa de reblandecimiento coincidente con una fase transición vítrea. Esta temperatura podría rebajarse con la adición de algunos óxidos modificadores, tales como Na<sub>2</sub>O y K<sub>2</sub>O (agentes fundentes) (Carmona *et al.* 2008). Estos vidrios podrían haberse fabricado con arena de cuarzo, conteniendo algunas impurezas, y minerales

como natrón ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), estos últimos agregados intencionadamente para reducir la temperatura de fusión. Este mineral podría presentar algunas impurezas de otras sales como cloruro y sulfato de sodio. Los óxidos de magnesio, calcio, aluminio, hierro y manganeso se agregan a la materia prima como estabilizadores; sin embargo, en las muestras estudiadas la concentración de estos óxidos es poco significativa. La baja concentración de óxidos de hierro y titanio indica que la materia prima silíceo usada en la fabricación de los vidrios era rica en sílice y contenía pocas impurezas. En el supuesto de niveles altos de óxidos de hierro y de titanio, la arena usada contendría seguramente piroxenos y feldspatos (Carmona *et al.* 2008). Finalmente, las concentraciones de óxidos de manganeso y de hierro podrían haberse agregado a la mezcla vitrificable como cromóforos para colorear el vidrio.

## 2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

Para clasificar las muestras consideradas se ha realizado un análisis por agrupamiento jerárquico. El resultado se recoge mediante dendogramas en la Figura 3. En la representación del dendograma superior, se muestra la disposición de las concentraciones de elementos mayoritarios. Este gráfico ayuda a escindir la población estudiada en dos conjuntos, uno en relación con el contenido en óxidos de Al, Mg, Fe y Ti (Grupo 1) y otro relativo a los óxidos de Si, Na y Mn (Grupo 2).

TABLA 2. Concentración expresada en porcentaje de los óxidos de los elementos mayoritarios

ÓXIDO (%)	SUBGRUPO 1-1 MEDIA $\pm$ $\sigma$	SUBGRUPO 1-2 MEDIA $\pm$ $\sigma$	SUBGRUPO 2-1 MEDIA $\pm$ $\sigma$	SUBGRUPO 2-2 MEDIA $\pm$ $\sigma$	SUBGRUPO 2-3 MEDIA $\pm$ $\sigma$
$\text{Al}_2\text{O}_3$	28 $\pm$ 4	31 $\pm$ 1	4,0 $\pm$ 1,6	3,4 $\pm$ 1,5	2,0 $\pm$ 1,0
CaO	2,3 $\pm$ 1,6	3,9 $\pm$ 4,3	3,8 $\pm$ 1,4	3,8 $\pm$ 0,7	2,9 $\pm$ 2,4
$\text{K}_2\text{O}$	15 $\pm$ 13	1,6 $\pm$ 1,4	1,1 $\pm$ 0,9	1,1 $\pm$ 0,6	0,7 $\pm$ 0,9
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	6,8 $\pm$ 3,2	22 $\pm$ 6	2,8 $\pm$ 6,5	2,1 $\pm$ 1,8	1,2 $\pm$ 1,8
$\text{Na}_2\text{O}$	5,8 $\pm$ 3,8	1,0 $\pm$ 0,8	23 $\pm$ 8	25 $\pm$ 3	19 $\pm$ 10
MgO	1,7 $\pm$ 1,6	3,4 $\pm$ 3,9	0,2 $\pm$ 0,2	0,2 $\pm$ 0,2	0,4 $\pm$ 0,7
$\text{MnO}_2$	0,1 $\pm$ 0,1	0,1 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,2	0,9 $\pm$ 1,0	0,4 $\pm$ 0,7
$\text{TiO}_2$	0,4 $\pm$ 0,1	3,0 $\pm$ 2,6	0,1 $\pm$ 0,1	0,1 $\pm$ 0,1	0,03 $\pm$ 0,06
$\text{SiO}_2$	39 $\pm$ 14	34 $\pm$ 17	64 $\pm$ 13	63 $\pm$ 2	73 $\pm$ 14

Seguidamente se realizó un nuevo dendograma con las muestras de cada grupo por separado utilizando como variables los elementos minoritarios y traza. El Grupo 1 podría subdividirse, a su vez, en dos subgrupos donde el subgrupo 1-1 se vincula al contenido en Cr, Rb y Ba y el subgrupo 1-2 al contenido en V, Cr y Ni. En el supuesto del Grupo 2, asimismo podría dividirse en tres subgrupos, donde el subgrupo 2-1 se relaciona con el alto contenido en Cu, B y Pb. En el subgrupo 2-2 son las concentraciones de B y Sb las que regulan el agrupamiento, y finalmente, el último subgrupo 2-3, caracterizado por el contenido de Cu y Co. Algunos de estos elementos actúan como cromóforos en los vidrios, y este hecho podría explicar

TABLA 3. Concentración expresada en ppm de los elementos minoritarios y los principales elementos traza

ELEMENTO	SUBGRUPO 1-1 MEDIA ± σ	SUBGRUPO 1-2 MEDIA ± σ	SUBGRUPO 2-1 MEDIA ± σ	SUBGRUPO 2-2 MEDIA ± σ	SUBGRUPO 2-3 MEDIA ± σ
Ag	2,1 ± 4,7	6,7 ± 0,7	0,8 ± 2,9	0,3 ± 1,2	1,2 ± 2,5
B	2,1 ± 5,6	7,5 ± 10,6	107 ± 107	110 ± 136	30 ± 91
Ba	491 ± 180	76,5 ± 7,7	236 ± 96	247 ± 83	139 ± 109
Be	3,8 ± 1,3	6,8 ± 5,8	0,2 ± 0,3	0,1 ± 0,1	0,9 ± 2,5
Ce	73 ± 43	27,5 ± 4,9	13 ± 11	8,5 ± 7,5	7,5 ± 8,7
Co	4,0 ± 2,7	42,5 ± 9,1	32 ± 69	16 ± 15	166 ± 323
Cr	162 ± 229	226 ± 284	28 ± 57	20 ± 66	26 ± 81
Cs	14,8 ± 4,5	1,7 ± 0,3	0,3 ± 0,7	0,2 ± 0,4	0,2 ± 0,7
Cu	21 ± 11	68,5 ± 2,1	934 ± 2737	29 ± 27	741 ± 997
Ga	12 ± 10	21,5 ± 2,1	1,9 ± 2,7	0,5 ± 1,2	1,8 ± 5,6
La	42 ± 13	13,5 ± 3,5	5,1 ± 3,2	3,6 ± 2,1	3,3 ± 3,3
Li	45 ± 21	77 ± 63	8 ± 12	3,9 ± 6,8	16 ± 47
Mo	0,1 ± 0,3	nd	1,1 ± 2,0	0,1 ± 0,3	nd
Nd	32 ± 19	20,5 ± 2,1	7,4 ± 8,3	4,0 ± 3,0	5,2 ± 5,6
Ni	13 ± 11	125 ± 113	68 ± 194	22 ± 20	56 ± 84
Pb	46 ± 13	98,0 ± 8,4	2992 ± 9945	335 ± 314	142 ± 250
Rb	220 ± 103	9,5 ± 0,7	11 ± 12	9 ± 10	2,2 ± 1,9
Sb	113 ± 143	nd	158 ± 238	696 ± 850	269 ± 542
Sc	3,0 ± 5,3	nd	4,2 ± 7,1	2,7 ± 3,8	4,5 ± 6,3
Sn	3,4 ± 6,8	nd	5 ± 10	15 ± 65	33 ± 52
Sr	238 ± 110	185 ± 21	296 ± 105	289 ± 79	199 ± 138
Th	17,2 ± 9,1	1,5 ± 0,7	3,5 ± 7,1	5,0 ± 6,7	0,2 ± 0,6
U	11,2 ± 5,6	2,3 ± 0,1	0,7 ± 0,8	0,7 ± 0,8	0,7 ± 0,8
V	13 ± 35	125 ± 177	67 ± 117	65 ± 95	26 ± 54
W	2,5 ± 1,3	nd	0,2 ± 0,4	0,02 ± 0,10	nd
Y	9,4 ± 5,4	28,5 ± 2,1	4,1 ± 6,5	6,0 ± 7,2	2,6 ± 7,5
Zn	41 ± 105	88,5 ± 4,9	29 ± 109	nd	72 ± 131
Zr	42 ± 18	13,5 ± 2,1	21 ± 20	55 ± 55	11 ± 17

nd= no detectado (por debajo del límite de cuantificación)

variaciones en la composición de las muestras. Las Tablas 2 y 3 sintetizan los datos de la composición química (valor medio y desviación típica) para cada uno de los subgrupos de los elementos mayoritarios (Tabla 2), así como de los elementos minoritarios y traza (Tabla 3). El grupo 2 incorpora muestras que representan más claramente a la composición de los vidrios romanos, mientras que el grupo 1 (compuesto por 11 muestras de un total de 64) difiere bastante de ser representativos de este tipo de vidrios. En particular el subgrupo 1-1 debido a que está formado por dos únicas muestras cuya composición dista mucho de ser un vidrio típico de esta

época, y por ello las medias de los distintos elementos de este subgrupo (Tabla 2) no serían significativas y constituyen una excepción dentro del conjunto de las 64 muestras analizadas.

### 2.3. ELEMENTOS QUÍMICOS MINORITARIOS Y TRAZAS

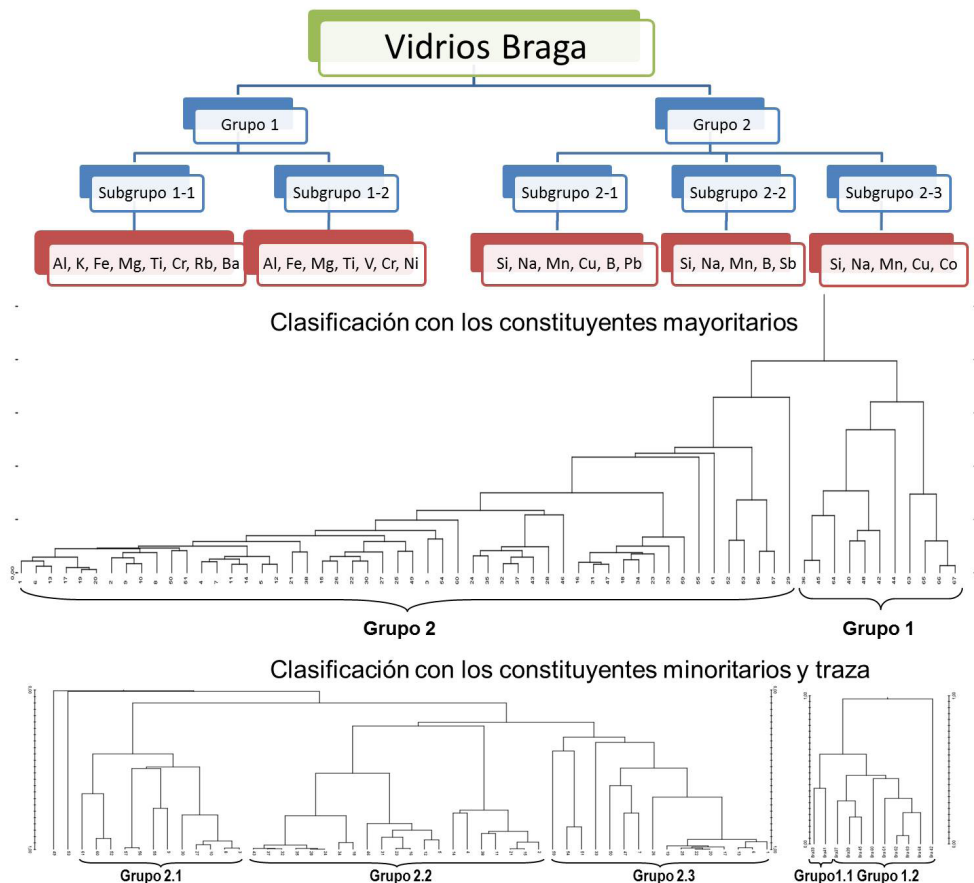


FIGURA 3: CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS. ANÁLISIS POR AGRUPAMIENTO JERÁRQUICO: DENDOGRAMA BASADO EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA MAYORITARIA Y DENDOGRAMAS DE LOS GRUPOS 1 Y 2 BASADOS EN LOS ELEMENTOS QUÍMICOS MINORITARIOS Y TRAZA

Algunos elementos tales como Cu, Se, Co, Pb, Fe, Sb y Cr se han utilizado como elementos cromóforos en vidrios (Costagliola *et al.* 2000; Verità *et al.* 2002; Bingham y Jackson 2007; Carmona *et al.* 2008; La Delfa *et al.* 2008; Carmona *et al.* 2009) y se han explicado las variaciones de su contenido en las muestras estudiadas. Por otro lado, los compuestos como los óxidos de antimonio o de manganeso se podrían haber agregado para modificar el color o decolorar el vidrio (Sayre y Smith 1967; Rehren *et al.* 2015), de modo que el color final es el resultado de esa decoloración, además de, en el caso del Mn, estar condicionado por la atmósfera del horno (reductora/oxidante).

Las estadísticas descriptivas para las concentraciones de elementos químicos en muestras arqueológicas han demostrado que existen entre ellas variaciones, no sólo

en elementos usados como cromóforos, sino también en elementos utilizados para bajar la temperatura de fusión (por ejemplo, el óxido de sodio) (Tablas 2 y 3). En la Tabla 3 se indica que el subgrupo 1-1 se caracteriza por su alto contenido medio en Rb (220 ppm), Ba (491 ppm) y Cr (162 ppm), con concentraciones destacadas en Th, U, Cs, Ga y Li. En el subgrupo 1-2 abundan los elementos Cr (226 ppm), Ni (125 ppm) y V (125 ppm), junto con contenidos importantes de todas las tierras raras Y, Li y Ga. Dentro del Grupo 2, los subgrupos 2-1 y 2-2 destacan por su alto contenido medio en B (107 y 110 ppm, respectivamente), siendo muy significativos los de Pb y Cu en el subgrupo 2.1, y Sb y Sn en el subgrupo 2-2. Este último elemento también predomina en el subgrupo 2-3 junto al Cu (741 ppm) y al Co (166 ppm).

En general, se puede decir que tanto en los componentes mayoritarios como los elementos minoritarios y traza, la desviación típica obtenida es, en ocasiones, relativamente elevada, por ejemplo en el caso de Pb y Cu en el subgrupo 2.1 ya que una de las muestras presenta valores de 3,7% y 1,0% respectivamente, muy superiores al resto de las muestras, lo que eleva la media y la desviación típica de forma considerable.

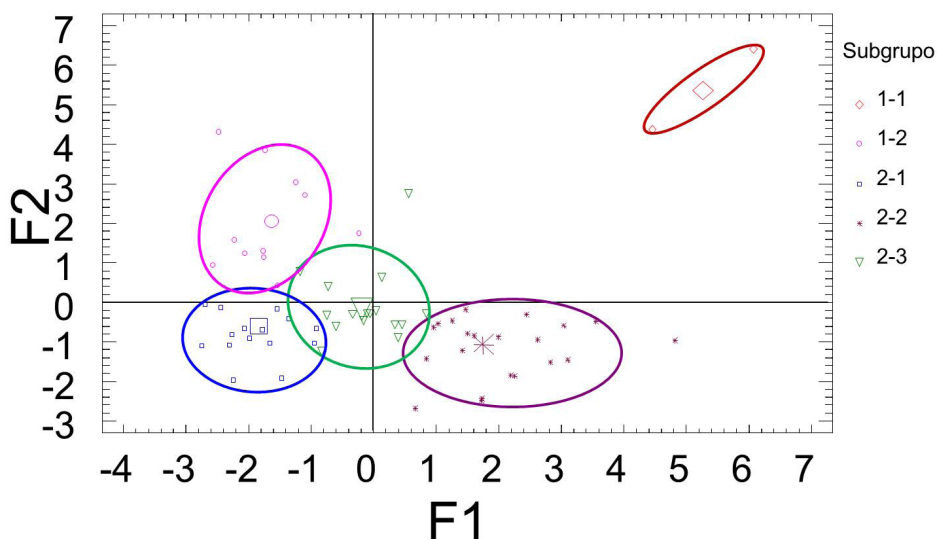


FIGURA 4: ANÁLISIS DISCRIMINANTE CANÓNICO EN FUNCIÓN DE LOS ELEMENTOS MINORITARIOS Y TRAZA BASADO EN LA CLASIFICACIÓN OBTENIDA DE LOS DENDOGRAMAS

Con los resultados de los análisis químicos de los elementos minoritarios y traza se ha efectuado un estudio estadístico multivariante, mediante análisis discriminante (García Giménez *et al.* 2005), basado en la clasificación previa establecida, y con el fin de agrupar las muestras en grupos que presenten una composición similar en estos elementos (Figura 4). La función discriminante canónica F1 representa el 40% de la varianza total, mientras que la F2 supone sólo un 25%. Los elementos de mayor peso en la función F1 son Y, Er y Sr en la parte positiva y Sc en la parte negativa, mientras que en F2 el Ho se proyecta en la parte positiva y el B, Zr y Sn en la negativa. En esta Figura 4 se reconocen cinco grupos y algunas muestras singulares. En el

eje negativo de F2 se encuentran ubicadas la mayoría de las muestras del Grupo 2. En el eje positivo de F1 el subgrupo 2-2 y en el negativo el 2-1, situándose en medio de ambos el subgrupo 2-3. Las muestras del Grupo 1 se ubican en los cuadrantes positivos de F2, estando las dos muestras del subgrupo 1-1 en el cuadrante superior derecho, alejadas del resto, y las muestras del subgrupo 1-2 en el cuadrante superior izquierdo.

## 2.4. CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS EN BASE A SU CRONOLOGÍA

Se ha procedido a un nuevo análisis discriminante en función de la cronología de las muestras datadas considerando su composición química en cuanto a constituyentes mayoritarios y minoritarios, así como elementos traza (Figura 5), agrupándolas de la siguiente forma: fragmentos de vidrio datados en siglos anteriores a nuestra era (a.C.), fragmentos de vidrio datados entre los siglos I-IV de nuestra era (d.C.), y aquellos otros procedentes de siglos posteriores al IV de la era cristiana. Las dos funciones discriminantes representan el 100% de la varianza, distribuyéndose el 71% en F1 y el 29% restante en F2. De esta representación se puede deducir, en primer lugar, que las muestras fechadas se disponen muy próximas al origen de coordenadas, como puede verse en la Figura 5 (izquierda), mientras que las muestras no datadas están mucho más dispersas. Una ampliación de las muestras agrupadas en el origen de coordenadas se representa en la Figura 5 (derecha), donde se aprecian las muestras datadas agrupadas en los tres grupos previamente establecidos atendiendo a su cronología. Puede observarse como el cambio de era (a.C./d.C.) es definitivo en la diferenciación de las muestras de vidrio. Las más antiguas (a.C.), aunque escasas, se sitúan en la zona de la representación en la que F1 es positiva y F2 negativo. Es probablemente la concentración de  $K_2O$  la que condiciona esta distribución, en cuanto a elementos mayoritarios, y Li, Sc, Zn, Rb, Sr y Zr, como elementos minoritarios y traza. El resto de las muestras, aunque existe una diferenciación en cuanto a las cuatro primeras centurias, en realidad se

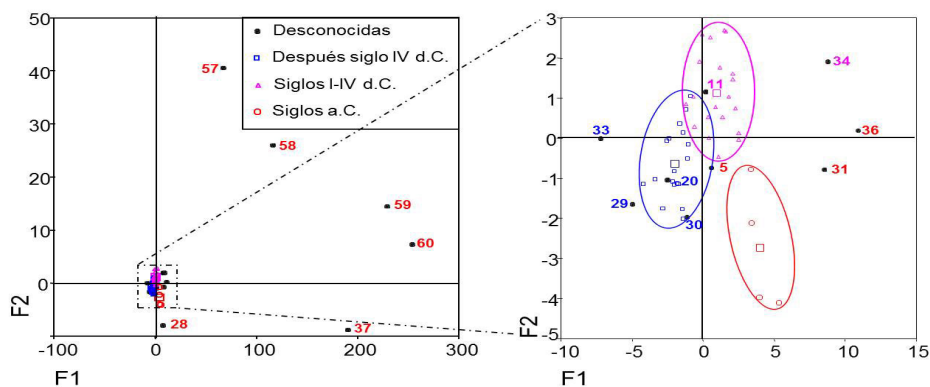


FIGURA 5.- ANÁLISIS DISCRIMINANTE CANÓNICO EN FUNCIÓN DE LA DATACIÓN DE LAS MUESTRAS DE VIDRIOS.



podrían agrupar en un único grupo cuyo centroide se situaría casi en el origen de coordenadas de la representación binaria F1/F2.

Si se considera la representación que se ha realizado, existe una escisión entre el tránsito del siglo IV al siglo V, de tal manera que las muestras correspondientes a los cuatro primeros siglos de la Era Cristiana se localizan en las coordenadas correspondientes a F1 y F2 positivos. Mientras que la población se desplaza hacia F1 y F2 negativos en épocas posteriores al siglo IV. Las diferencias entre uno y otro grupo radican en que, para su colocación en la figura, en las muestras más antiguas (siglos I-IV) son los óxidos de Al y Si los determinantes como mayoritarios, y Pb, Cs y Sb, en los elementos traza. Por su parte, las segundas muestras (posteriores al siglo IV), con F1 y F2 negativos, se ven influidas por los óxidos de Mn y de Ce.

Dentro de las muestras que previamente no se pudieron datar (representadas con un punto negro en la Figura 5), estadísticamente se han clasificado de la siguiente manera: 11 y 35 corresponderían al grupo de vidrios fabricados entre los siglos I-IV d.C.; las muestras 20, 29, 30 y 33 pertenecerían al grupo de las datadas después del siglo IV d.C., y el resto se podría atribuir a las anteriores al año 0 a.C. Entre ellas se encuentra la muestra 28, que es el único fragmento de vidrio de color negro. En la Figura 5 (izquierda) los fragmentos relativos a las muestras 31, 34 y 36 se ubican en la parte derecha de la figura y se caracterizan por sus contenidos destacados de óxidos de Al (7-9%), Sb (500-800 ppm), Cr (90-150 ppm), B (120-170 ppm) y Rb (20-50 ppm).

### 3. CONCLUSIONES

Los fragmentos de vidrios romanos analizados, procedentes de *Bracara Augusta* (actual Braga, Portugal), se han podido clasificar, mediante análisis jerárquico, en dos grandes grupos atendiendo a sus elementos mayoritarios: 1) los que contienen mucha alúmina y 2) otros, en los que destacan sus cantidades de  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{MnO}_2$ . Y a su vez se ha hecho una subclasificación en dos y tres subgrupos, respectivamente, en función de los elementos minoritarios y traza.

Las estadísticas descriptivas para las concentraciones de elementos químicos en muestras arqueológicas han demostrado que existen entre ellas variaciones, no sólo en elementos usados como cromóforos sino también en otros añadidos para rebajar la temperatura de fusión del vidrio (por ejemplo, el óxido de sodio). El análisis discriminante permite corroborar la clasificación previamente establecida en cinco subgrupos.

Por último, mediante un nuevo análisis discriminante, considerando tanto los compuestos mayoritarios como los minoritarios y basado en la datación establecida *a priori* de los fragmentos de vidrio, se considera el siguiente agrupamiento:

- (1) muestras datadas antes de nuestra era,
- (2) muestras de edades comprendidas entre los siglos I-IV d.C., y
- (3) muestras elaboradas con posterioridad al siglo IV d.C.



Existen, además, otros 15 fragmentos de vidrio cuya datación no fue posible y que han sido encuadrados, mediante el análisis discriminante realizado, dentro de los grupos previamente establecidos, lo que hace de este estudio un instrumento de segregación en diferentes grupos de las muestras extraídas del museo de Braga (Portugal). Así, 9 han sido identificados como correspondientes al grupo de vidrios datados antes de nuestra era, 2 pertenecientes a los siglos I-IV d.C. y los cuatro restantes, más modernos, como posteriores al siglo IV d.C.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALARCÃO, J. y ALARCÃO, A. 1967: *Vidros Romanos do Museu Arqueologico de Vila Vicosa, Conímbriga*. VI, Universidade de Coimbra. Coimbra, Portugal: 1-45.
- AMREIN, H. 2001: "Continuités et ruptures dans les provinces occidentales: quelques reflexion. L'artisanat romain: évolutions, continuités et ruptures (Italie et provinces occidentales)". *Actes du 2<sup>e</sup> colloque d'Erpeldange*, Monique Mergoïl (Ed.). Montagnac, France, 173-177.
- ARLETTI, R., VEZZALINI, G., BENATI, S., MAZZEO SARACINO, L. y GAMBERINI, A. 2010: "Roman window glass: a comparison of findings from three different italian sites". *Archaeometry* 52(2):252-271.
- BELTRÁN LLORIS, M. y ORTIZ PALOMAR, M. E. 2001: "Introducción". *Caesaraugusta*, 75 (1): 109-114.
- BINGHAM, P. A. y JACKSON, C. M. 2007: "Roman blue-green bottle glass: chemical optical analysis and high temperature viscosity modeling". *Journal of Archaeological Science* 35: 302-309.
- BRILL, R. H. 1999: *Chemical Analyses of Early Glasses*. Corning N.Y., Corning Glass Center.
- CALDERA DE CASTRO, M. P. 1988: "Vidrios del Museo Arqueológico Provincial de Cáceres". *Anas* 1: 174-186.
- CARMONA, N., VILLEGAS, M. A., CASTELLANOS, M. A., MONTERO, I. y GARCÍA HERAS, M. 2008: "Análisis de vidrios romanos del yacimiento de la Dehesa de la Oliva (Patones, Madrid)". *Boletín Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* VII: 319-328.
- CARMONA, N., VILLEGAS, M. A., JIMÉNEZ, P., NAVARRO, J. y GARCÍA HERAS, M. 2009: "Islamic glasses from Al-Andalus. Characterisation of materials from a Murcian workshop (12<sup>th</sup> century AD, Spain)". *Journal of Cultural Heritage* 10: 439-445.
- CARRERAS ROSSELL, T. 1995: "Recipientes de vidrio para ungüentos y perfumes". *Boletín de la Asociación Española de Amigos de la Arqueología*, 153-164.
- COOL, H. E. M. y PRICE, J. 1995: *Roman vessel glass from excavations in Colchester, 1971-85*, Colchester Archaeological, Report 8, Colchester, Archaeological Trust Ltd, UK.
- COSTAGLIOLA, P., BALDI, G., CIPRIANA, C., PECCHIONI, E. y BUCCIANI, A. 2000: "Mineralogical and chemical characterisation of the Medicean glass mosaic tesserae and mortars of the Grotta del Buontalenti, Giardino di Boboli, Florence, Italy". *Journal of Cultural Heritage* 1: 287-299.
- DA CRUZ, M. 2009: *O Vidro Romano no Noroeste Peninsular. Um olhar a partir de Bracara Augusta*. Tesis Doctoral, Universidade do Minho, 316 pp, Portugal.
- DE CÁCERES, M. 2003: *GINKGO User Manual*. Version 1.14. Universidad de Barcelona, Barcelona, Spain.
- FOY, D., PICON, M. y VICHY, M. 2000: *Les matières premières du verre et la question des produits semi-finis. Antiquité et Moyen Age, Arts du feu et productions artisanales*. APd.C.A (eds.). Antibes, France, 419-432.
- FUENTES, A. 1998: *El vidrio: Estudio de los restos de fabricación de un taller de ungüentarios. Excavaciones arqueológicas en la Venta del Carmen (Los Barrios, Cádiz)*. UAM (ed.). Cádiz, Spain, 255-276.

- GARCÍA GIMÉNEZ, R., VIGIL DE LA VILLA, R., RECIO DE LA ROSA, P., PETIT DOMÍNGUEZ, M. D. y RUCANDIO, M. I. 2005: "Analytical and multivariate study of roman age architectural terracotta from northeast of Spain". *Talanta* 65: 861-868.
- GARCÍA HERAS, M., RINCÓN, J. M., JIMENO, P. y VILLEGAS, M. A. 2005: "Pre-Roman coloured glass beads from the Iberian Peninsula: a chemical-physical characterization study". *Journal Archaeological Science* 32: 727 - 738.
- GRATUZE, B. y SOULIER, I. 2000: "Étude de la composition d'un ensemble de verres antiques bleus et polychromes du Musée Saint-Croix de Poitiers". En: *Verres d'Époque Romaine*. Collection des Musées de Poitiers. Poitiers, France, 403-408.
- LA DELFA, S., CILIBERTO, E. y PIRRI, L. 2008: "Behaviour of copper and lead as chromophore elements in sodium silicate glasses". *Journal of Cultural Heritage* 9: 117-122.
- MARENGO, E., ACETO, M., ROBOTTI, E., LIPAROTA, M. C., BOBBA, M. y PANTÓ, G. 2005: "Archaeometric characterisation of ancient pottery belonging to the archaeological site of Novalesa Abbey (Piedmont, Italy) by ICP-MS and spectroscopic techniques coupled to multivariate statistical tools". *Analitica Chimica Acta* 537: 359-375.
- MIRTI, P., PACE, M., MALANDRINO, M. y NEGRO PONZI, M. 2009: "Sasanian glass from Veh Ardasir: new evidences by ICP-MS analysis". *Journal of Archaeological Science* 36: 1061-1069.
- PALOMAR, T. 2013: *La interacción de los vidrios históricos con medios atmosféricos, acuáticos y enterramientos*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, 330 pp, Spain.
- PALOMAR, T., PEÑA POZA, J. y CONDE, J. F. 2009: "Cuentas de vidrio prerromanas y arqueometría: una valoración de los trabajos realizados en la Península Ibérica". *Zephyrus* LXIV: 53-62.
- PALOMAR, T., GARCÍA HERAS, M., SABIO, R. RINCÓN, J.M. y VILLEGAS, M.A. 2012: "Composition, preservation and production technologies of Augusta Emerita Roman Glasses from the first to the sixth centuries A.D". *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* 12: 193-211.
- PAOLUCCI, F. 2002: *L'Arte del vetro inciso a Roma nel IV secolo D.C.* All'Insegna del Giglio, Firenze, Italy.
- PETIT-DOMÍNGUEZ, M.D., SOTO, I.S., GARCÍA, R., SILVA, M.P. y RUCANDIO, I. 2013: "Analytical information on the composition of Roman Glass from Braga (Portugal)". *Quaternary International* 308/309: 140 -114.
- PETIT-DOMÍNGUEZ, M.D., SOTO, I.S., GARCÍA, R., SILVA, M.P. y RUCANDIO, I. 2014: "Chemical and statistical analysis of roman glass from several northwestern Iberian archaeological sites". *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* 14 (2): 221-235.
- PICON, M. y VICHY, M. 2003: "D'Orient en Occident: l'origine du verre a l'époque romaine et durant le haut Moyen Age, Échanges et commerce de verre dans le monde antique". *Actes du colloque de l'Association Française pour l'Archéologie du Verre*. Monique Mergoïl (Ed.). Montagnac, France, 17-31.
- PRICE, J. y COTTAM, S. 1998: *Romano-British Glass Vessels: a Handbook*. York. Council for British Archaeology.
- SAYRE, E. V. y SMITH, R.W. 1967: "Some materials of glass manufacturing in antiquity". En: M. Levey (Ed.). *Archaeological Chemistry*, University of Pennsylvania Press. Pennsylvania, USA, 279-311.
- SCHIBILLE, N., MARI, F. y REHREN, TH. 2008: "Characterization and provenance of late antique window glass from the Petra church in Jordan". *Archaeometry* 50(4):627-642.
- SCHIBILLE, N., DEGRYSE, P., O'HEA, M., IZMER, A., VANHAECKE, F. y MCKENZIE, J. 2012: "Late roman glass from the 'great temple' at Petra and Khirbet et-Tannur, Jordan - Technology and provenance" *Archaeometry* 54(6):997-1002.

- TITE, M.S., SHORTLAND, A.J., SCHIBILLE, N. y DEGRYSE, P. 2015: "New data on the soda flux used in the production of Iznik glazes and byzantine glasses". *Archaeometry* doi: 10.1111/arc.12156.
- TOPIĆ, N., BOGDANOVIĆ RADOVIĆ, I., FAZINIĆ, S. y SKOKO, Z. 2015: "Analysis of medieval and post-medieval glass fragments from the Dubrovnik region (Croatia)". *Archaeometry* doi: 10.1111/arc.12191.
- VERITÀ, M., RENIER, A. y ZECCHIN, S. 2002: „Chemical analyses of ancient glass findings excavated in the Venetian lagoon”. *Journal of Cultural Heritage* 3: 261–271.
- VIGIL PASCUAL, M. 1959: "Vidrios procedentes de Herrera de Pisuerga (Palencia)". *Archivo Español de Arqueología* XXXII: 161-163.
- WILLIAMS, D. F. 2005: "An integrated archaeometric approach to ceramic fabric recognition. A study case on Late Roman amphora 1 from the Eastern Mediterranean". En: J.M. Gurt, J. Buxeda, M.A. Cau (Eds.). *Late Roman Coarse Wares, Cooking wares and amphorae in the Mediterranean*. Archaeology and Archaeometry. BAR International Series 1340. Oxford, England, 613-624.
- XUSTO RODRÍGUEZ, M. 1996: *El vidrio Romano en la Galicia Antigua: la Colección de Vidrio Antiguo del Museo Arqueológico de Orense*. Tesis Doctoral, Universidad de Santiago de Compostela. 358 pp. Spain.

AÑO 2014  
ISSN 1131-7698  
E-ISSN 2340-1354

7



# ESPACIO, TIEMPO Y FORMA

UNED

SERIE I PREHISTORIA Y ARQUEOLOGÍA  
REVISTA DE LA FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

## Monográfico:

### *La ciudad en la España romana y tardoantigua*

#### Artículos · Articles

**13** JOSÉ MIGUEL NOGUERA CELDRÁN & M<sup>A</sup> JOSÉ MADRID BALANZA  
*Carthago Nova*: fases e hitos de monumentalización urbana y arquitectónica (siglos III a.C.-III d.C.) · *Carthago Nova*: phases and landmarks in the process of urban and architectural monumentalisation (2<sup>nd</sup> century BC-3<sup>rd</sup> century AD)

**61** ARNAU PERICH ROCA  
*Barcino* entre los siglos IV y VI d. C. Transformaciones y ascenso de una ciudad mediterránea durante la Antigüedad Tardía · *Barcino* between 4<sup>th</sup>-6<sup>th</sup> Centuries AD. Transformations and rising of a mediterranean city during Late Antiquity

**97** ISABEL MARÍA SÁNCHEZ RAMOS & JORGE MORÍN DE PABLO  
Los paisajes urbanos de la Antigüedad tardía en *Hispania* · Urban landscapes in *Hispania* during Late Antiquity.

**129** EUSEBIO DOHIJO  
El asentamiento tardoantiguo de *Voluce* · Late Roman settlement in *Voluce*

#### Varia

**163** SANTIAGO DAVID DOMÍNGUEZ-SOLERA & MÍCHEL MUÑOZ  
Arqueología urbana en Cuenca capital: últimos descubrimientos · Urban archaeology in Cuenca city: latest discoveries

**211** ARMANDO LÓPEZ RODRÍGUEZ  
Los hermanos Rotondo y Nicolau, coleccionistas arqueológicos de finales del siglo XIX y principios del XX · The Rotondo y Nicolau brothers, archaeological collectors of the end of the XIX century and the beginning of the XX century

**239** ROSARIO GARCÍA GIMÉNEZ, M. DOLORES PETIT-DOMÍNGUEZ, ISABEL S. DE SOTO, ISABEL RUCANDIO  
Vidrios romanos de *Bracara Augusta* (Portugal): análisis arqueométrico · Roman glass from *Bracara Augusta* (Portugal): archeometric analysis.

**257** VERÓNICA PÉREZ DE DIOS  
Nuevos apliques bronceos de asa de sítula romanos con representación antropomorfa · Unpublish Roman handle attachments for bronze *situlae* with anthropomorphic representation

