

ARQUEOLOGÍA COMPUTACIONAL

Nuevos enfoques para la documentación, análisis
y difusión del patrimonio cultural



Diego Jiménez-Badillo (editor)

Arqueología computacional

Nuevos enfoques para la documentación,
análisis y difusión del patrimonio cultural

Cultura digital



El presente volumen es resultado del trabajo de la Red de Tecnologías Digitales para la Difusión del Patrimonio Cultural, financiada mediante el Programa Redes Temáticas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



ARQUEOLOGÍA COMPUTACIONAL

Nuevos enfoques para la documentación, análisis
y difusión del patrimonio cultural

Diego Jiménez-Badillo

(EDITOR)

Secretaría de Cultura
Instituto Nacional de Antropología e Historia

Arqueología computacional : Nuevos enfoques para la documentación,
análisis y difusión del patrimonio cultural / Diego Jiménez-Badillo
(editor). – 1ª.ed. – México, CDMX : Secretaría de Cultura, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2017
308 p.: il. ; 20 x 27.2 cm
ISBN: 978-607-539-027-7
(Cultura digital)

“El presente volumen es resultado del trabajo de la Red de Tecnologías Digitales para la Difusión del Patrimonio Cultural, financiada mediante el Programa Redes Temáticas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología”

1.- Arqueología digital – Difusión 2.- Patrimonio cultural – México 3.- Cyber arqueología – México 4.- Computación Arqueológica I. Jiménez-Badillo, Diego, ed. II. Instituto Nacional de Antropología e Historia (México). III. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (México).

Primera edición: 2017

Producción:
Secretaría de Cultura
Instituto Nacional de Antropología e Historia

Diseño de portada: Vania Rodríguez Islas
Diseño de interiores: Natalia Rojas Nieto
Corrección: Pilar Tapia

D.R. © 2017, Instituto Nacional de Antropología e Historia
Córdoba 45, colonia Roma, C.P. 06700, Ciudad de México
sub_fomento.cncpbs@inah.gob.mx

Las características gráficas y tipográficas de esta edición son propiedad del Instituto Nacional de Antropología e Historia de la Secretaría de Cultura.

Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, la fotocopia o la grabación, sin la previa autorización por escrito de los titulares de los derechos de esta edición.

ISBN: 978-607-539-027-7

Impreso y hecho en México

CULTURA
SECRETARÍA DE CULTURA



Índice

Presentación	9
Introducción Diego Jiménez-Badillo	11
Arqueología cuantitativa: Más allá de una simple técnica Joan Antón Barceló	21
La arqueología y las máquinas para pensar Joan Antón Barceló y Florencia del Castillo	39
El papel de la simulación en la arqueología actual Xavier Rubio-Campillo	51
El análisis de imágenes multiespectrales para el estudio de mapas históricos: El ejemplo del mapa del mundo de Henricus Martellus conservado en Yale Chet Van Duzer	59
Tecnología digital aplicada al registro de los contextos arqueológicos localizados por el Proyecto Templo Mayor Michelle De Anda Rogel, Diego Matadamas, Fernando Carrizosa, Érika Lucero Robles Cortés e Israel Elizalde Mendez	71
Aspectos metodológicos para el estudio de un petroglifo descontextualizado combinando métodos etnográficos y virtuales Benito Vilas-Estévez, Alia Vázquez-Martínez y Miguel Carrero-Pazos	81
Generación de datos 3D con sistemas ópticos de medición de corto alcance Vera Moitinho de Almeida y Dirk Rieke-Zapp	93
Clasificación automática de fragmentos de vasijas arqueológicas mediante el modelo Bolsa de Palabras Diego Jiménez-Badillo y Edgar Román-Rangel	111

Análisis estadísticos para determinar el grado de estandarización y las unidades de medida en la producción cerámica Miguel Busto-Zapico	127
Aplicación de agrupamiento espectral para analizar una colección de máscaras arqueológicas Diego Jiménez-Badillo y Salvador Ruiz-Correa	143
MAAYA: Multimedia methods to support Maya epigraphic analysis Daniel Gatica-Perez, Gulcan Can, Rui Hu, Stephane Marchand-Maillet, Jean-Marc Odobez, Carlos Pallan Gayol y Edgar Roman-Rangel	173
El análisis espacial en arqueología: Avanzar hacia nuevos territorios Philip Verhagen	181
Cruzando fronteras en humanidades digitales: Análisis geográfico de textos de interés histórico y arqueológico con sistemas de información geográfica Patricia Murrieta-Flores e Ian Gregory	199
Una división esquemática de estrategias de aprendizaje relevantes para el patrimonio cultural basadas en juegos digitales Erik Champion	213
Museología virtual: Interactividad y experimentación en la exposición Viviana Barneche Naya y Luis Antonio Hernández Ibáñez	225
Criterios para el diseño de instalaciones museísticas basadas en interfaces naturales Luis Antonio Hernández Ibáñez y Viviana Barneche Naya	241
Exploración del patrimonio cultural a través de interfaces tangibles en la red Javier Pereda	265
Goce y conocimiento. El <i>Códice de Dresde</i> en un soporte digital Juan Carlos Jiménez Abarca	285
Sobre los autores	299

Análisis estadísticos para determinar el grado de estandarización y las unidades de medida en la producción cerámica

*Miguel Busto-Zapico*¹

PROGRAMA DE AYUDAS PREDOCTORALES SEVERO OCHOA (FICYT). UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Resumen: A través de diferentes ejemplos de lotes cerámicos —procedentes de yacimientos europeos de culturas y cronologías dispares— se tratará de esbozar una metodología para estimar el diferente grado de estandarización de esas producciones y llegar a discernir los sistemas de medida utilizados en su elaboración. La caracterización morfométrica de cada una de las piezas nos permitirá identificar diferentes grupos mediante un análisis de agrupamiento (*i.e. clustering*). El análisis de componentes principales dará información para entender mejor los grupos obtenidos. El coeficiente de variación nos acercará al grado de estandarización de las producciones. Una vez que obtengamos dichos datos, podremos investigar las posibles unidades de medida que rigieron los sistemas productivos de los lotes cerámicos bajo estudio.

Palabras clave: cerámica, estandarización, arqueología cuantitativa, análisis multivariable, análisis clúster, análisis de componentes principales, coeficiente de variación.

Abstract: Through different samples of pottery from European archaeological sites with disparate cultures and chronologies, this research tries to outline a methodology to determine the standardisation degree of these samples and to discover the measurement systems used in the production process. The morphometric characterization of each fragment, allows us to create different groups with clustering analysis. The principal component analysis provided information that led us to a deeper understanding of the obtained groups. The coefficient of variation brought us to the standardisation degree of the productions. Once all these data are known, we can approach the possible units of measure that governed the analysed production systems.

Keywords: pottery, standardisation, quantitative archaeology, multivariate analysis, cluster analysis, principal component analysis, variation coefficient.

INTRODUCCIÓN

En este artículo pretendemos esbozar una metodología de trabajo de tipo genérico, aplicable a otros estudios cerámicos, mediante la cual sea posible conocer el grado de estandarización de determinada producción cerámica, así como las unidades de medida que actuaron como sus condicionantes. Se partirá de la descripción de cada pieza utilizando los términos matemáticos que mejor las caracterizan morfométricamente. Con dichas descripciones matemáticas se realizarán los análisis multivariable pertinentes para crear los diferentes grupos (análisis clúster) y conocer la esencia morfométrica de las diferentes vasijas (análisis de componentes principales). De cada uno de estos grupos se calculará el grado de estandarización a través del coeficiente de variación, para luego emplear diferentes análisis que tratarán de determinar cuáles eran las unidades de medida que regían la producción.

¹ miguel.busto.zapico@gmail.com
bustomiguel@uniovi.es

LA ESTANDARIZACIÓN CERÁMICA: UN INDICADOR DE ESPECIALIZACIÓN ARTESANAL

Podemos entender la estandarización o la diversidad de las producciones cerámicas como consecuencia de diferentes grados de especialización del artesano. De hecho, estamos ante una de las evidencias que nos proporciona el registro arqueológico para tratar de construir una imagen coherente y elaborar hipótesis en torno a la especialización artesanal. El registro arqueológico, además de esta evidencia, también puede otorgar información acerca de las estructuras de producción, las técnicas de elaboración y las escalas de producción (Orton y Hughes, 2013, pp. 144-149). Todos estos datos no hacen sino arrojar luz sobre el grado de especialización artesanal; por lo tanto, al estudiar la estandarización podremos deducir el nivel de especialización, indicando si son producciones industriales, artesanales o domésticas (Orton y Hughes, 2013, p. 147). La cuestión es, entonces, cómo medir la diversidad de la cerámica. En este estudio nos serviremos de diferentes análisis multivariable y del cálculo del coeficiente de variación.

ESTANDARIZACIÓN Y UNIDADES DE MEDIDA EN LA PRODUCCIÓN CERÁMICA

Hemos elegido dos lotes cerámicos sobre los que aplicaremos nuestro método. El primero de ellos, denominado Casos H85, está compuesto por 30 ejemplares de vasijas con forma Hayes-85, pertenecientes a las series de cerámica romana tardía, conocidas como *Late Roman pottery* (Hayes, 1972, pp. 130-133). Estas vasijas fueron manufacturadas en alfares localizados en el centro de Túnez y producidas desde el siglo V hasta el primer cuarto del siglo VI, periodo durante el cual esta provincia se encontraba bajo el dominio de los reyes vándalos. De los 30 ejemplares analizados, 29 provienen del área portuaria de Classe, en Italia (Cirelli, 2007) y el otro (*i.e.* HCaso 30) procede del ágora de Atenas; éste fue utilizado por Hayes (1972, p. 130) para sistematizar su forma.²

² Un estudio estadístico preliminar del Hayes-85 ya ha sido abordado en un trabajo precedente (Busto y Cirelli, 2016).

El segundo lote se denomina Casos 50J; está formado por un conjunto de 40 ejemplares de botijuelas o botijas, es decir, de la clase denominada *Spanish olive jar* (Goggin, 1962). Nos encontramos ante recipientes destinados principalmente al transporte marítimo, producidos desde finales del siglo XV hasta el siglo XIX. Se apuntan como posibles centros de producción Sevilla y Cádiz (Goggin, 1962). La muestra analizada incluye, en primer lugar, tres ejemplares hallados en Asturias (España), uno de ellos inédito (BCaso 1) y dos (BCaso 2, BCaso 3) ya estudiados por Díaz (2016, p. 244). Además, incluye nueve ejemplares (BCaso 4-12) procedentes del País Vasco (Azkarate y Núñez, 1990-1991, pp. 173-182); así como 28 piezas (BCaso 13-40) de procedencia sevillana (Amores y Chisvert, 1993, pp. 308-311).

Lo que tienen en común ambos lotes es que ofrecen ejemplares cerámicos completos o casi completos, de los que hemos podido obtener las variables necesarias para caracterizar sus formas en términos matemáticos.

Descripción del lote cerámico en términos matemáticos

El criterio de clasificación ha sido la forma, a partir de la cual hemos realizado una tipificación basada en la medición de sus dimensiones clave, con el objetivo de describir cada pieza cerámica en términos matemáticos simples. Este tipo de clasificación en torno a variables cuantitativas morfométricas ya ha demostrado su eficacia para el análisis cerámico, dado que aun si se extraen mediciones simples, éstas sirven como herramienta inestimable para diferenciar los grupos existentes dentro de una colección (Orton y Hughes, 2013, pp. 190-202).

Las medidas que hemos seleccionado para codificar y describir la forma de nuestras vasijas son las que se han descubierto como más útiles en la literatura arqueológica y al mismo tiempo son las necesarias para describir con exactitud su forma (Rottländer, 1966; Hodder, 1979; Aguilera, 1998). En nuestro caso, como puede verse en la figura 1, estas medidas o variables han sido las siguientes: diámetro interno del borde (var. 1), diámetro máximo (var. 2),

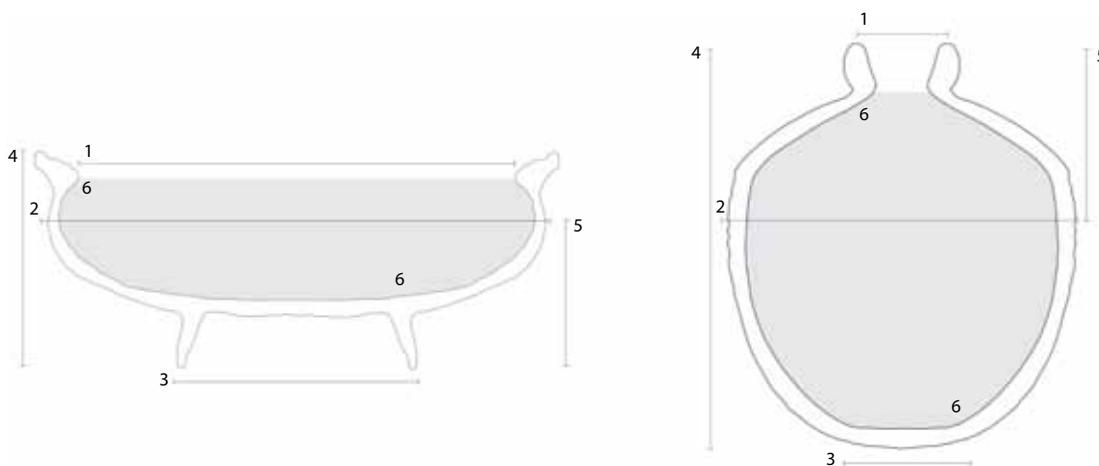


Figura 1. Variables tomadas para describir las piezas en términos matemáticos.

Tabla 1. Datos originales de las 70 vasijas analizadas (var. 1-5 expresadas en centímetros y var. 6 en litros)

Caso núm.	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Procedencia	Proveniencia	Cronología
<i>Casos Hayes 85</i>									
HCaso 1	9.15	10.32	4.82	5.10	3.18	0.206	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 2	8.92	10.47	4.73	4.46	3.08	0.153	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 3	9.65	11.39	5.45	5.04	3.30	0.192	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 4	8.46	9.99	4.87	4.11	2.65	0.129	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 5	8.90	10.20	5.00	4.74	2.88	0.158	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 6	9.02	10.46	5.90	4.27	2.85	0.170	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 7	8.81	10.18	4.48	4.30	2.85	0.129	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 8	9.10	10.74	5.30	5.20	3.60	0.189	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 9	9.20	10.60	5.64	3.76	2.06	0.154	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 10	8.80	10.33	5.20	4.72	3.21	0.152	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 11	9.46	10.90	5.47	4.30	3.10	0.167	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 12	9.10	10.25	4.59	4.06	2.90	0.136	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 13	9.16	10.30	5.27	4.46	3.35	0.126	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 14	8.80	10.50	5.60	4.50	3.40	0.130	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 16	9.64	10.60	5.40	4.20	3.03	0.132	Classe 05	Túnez	V-VI

Tabla 1. Datos originales de las 70 vasijas analizadas (var. 1-5 expresadas en centímetros y var. 6 en litros) (continuación)

<i>Caso núm.</i>	<i>Var. 1</i>	<i>Var. 2</i>	<i>Var. 3</i>	<i>Var. 4</i>	<i>Var. 5</i>	<i>Var. 6</i>	<i>Procedencia</i>	<i>Proveniencia</i>	<i>Cronología</i>
<i>Casos Hayes 85</i>									
HCaso 18	8.40	9.53	4.60	4.80	2.90	0.126	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 19	8.40	10.60	4.80	5.50	4.00	0.190	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 20	9.30	10.74	6.45	4.45	3.26	0.183	Classe 01	Túnez	V-VI
HCaso 22	9.00	10.80	6.06	3.76	2.20	0.167	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 23	9.20	10.80	5.00	3.40	2.36	0.101	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 24	9.15	10.60	5.00	3.24	2.30	0.127	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 25	8.75	10.40	5.10	4.70	3.23	0.164	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 26	9.56	10.70	2.50	3.67	2.60	0.140	Classe 05	Túnez	V-VI
HCaso 30	9.11	10.00	4.44	4.15	2.85	0.116	Classe 01	Túnez	V-VI
HCaso 43	8.94	10.20	5.00	4.53	3.26	0.128	Classe 01	Túnez	V-VI
HCaso 46	9.46	10.90	5.36	4.90	3.70	0.170	Classe 01	Túnez	V-VI
HCaso 47	8.00	9.56	5.00	4.00	2.55	0.102	Classe 01	Túnez	V-VI
HCaso 49	9.00	10.13	4.80	4.62	3.33	0.151	Classe 01	Túnez	V-VI
HCaso 50	9.00	10.56	5.00	5.00	3.58	0.160	Classe 05	Túnez	V-VI
HHayes A	8.60	9.80	4.70	5.00	3.90	0.154	Atenas	Túnez	V-VI
<i>Casos Spanish olive jar</i>									
BCaso 1	6.86	26.45	10.45	31.00	13.23	7.89	Tapia	Sevilla	XVII-XVIII
BCaso 2	6.60	18.00	2.89	29.63	7.56	1.16	Castropol	Sevilla	XIX
BCaso 3	6.02	18.62	4.34	27.41	6.62	0.96	Castropol	Sevilla	XIX
BCaso 4	6.20	28.48	8.27	55.17	12.65	37.94	Elorrio	Sevilla	XVIII
BCaso 5	8.06	27.78	8.09	50.85	13.09	25.38	Elorrio	Sevilla	XVIII
BCaso 6	7.98	28.10	11.60	53.68	17.07	25.83	Elorrio	Sevilla	XVIII
BCaso 7	4.85	26.55	6.38	51.27	10.80	19.97	Elorrio	Sevilla	XVIII
BCaso 8	6.80	24.82	7.30	53.48	15.29	22.88	Elorrio	Sevilla	XVIII
BCaso 9	4.80	24.40	4.28	49.71	16.65	19.74	Elorrio	Sevilla	XVIII
BCaso 10	4.60	23.70	5.20	50.98	14.04	16.71	Elorrio	Sevilla	XVIII
BCaso 11	5.79	24.61	7.98	28.14	12.04	5.48	Elorrio	Sevilla	XVIII
BCaso 12	5.17	22.59	10.30	27.12	9.83	4.14	Elorrio	Sevilla	XVIII
BCaso 13	7.94	34.82	5.39	53.94	22.34	26.92	Sevilla	Sevilla	XV
BCaso 14	6.81	34.06	7.47	54.41	22.71	28.20	Sevilla	Sevilla	XVI
BCaso 15	5.86	27.06	6.24	57.72	15.52	17.08	Sevilla	Sevilla	XVI
BCaso 16	5.86	39.17	9.46	71.92	24.98	57.68	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 17	7.38	25.50	8.51	55.83	21.00	27.15	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 18	6.81	35.58	7.19	56.78	18.54	31.87	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 19	7.57	34.82	8.51	57.70	20.82	32.82	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII

Tabla 1. Datos originales de las 70 vasijas analizadas (var. 1-5 expresadas en centímetros y var. 6 en litros) (continuación)

Caso núm.	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Procedencia	Proveniencia	Cronología
<i>Casos Spanish olive jar</i>									
BCaso 20	9.08	42.39	7.94	65.77	24.88	63.99	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 21	9.77	32.66	10.22	52.00	17.08	38.91	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 22	6.76	31.65	6.19	52.75	17.60	41.76	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 23	6.14	28.96	6.42	49.05	15.20	28.38	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 24	10.06	31.54	7.43	50.31	15.97	38.40	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 25	7.68	26.79	5.97	41.80	12.89	17.29	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 26	6.47	28.59	5.78	46.03	14.66	26.14	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 27	7.32	25.60	7.35	29.46	15.07	5.94	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 28	6.48	24.58	6.51	29.22	14.38	5.34	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 29	6.66	24.77	8.01	29.06	12.09	5.75	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 30	6.05	24.65	7.72	27.41	13.74	4.93	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 31	6.83	24.31	5.86	31.88	13.81	6.57	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 32	7.22	21.28	9.41	24.63	10.98	2.82	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 33	7.00	24.37	7.60	31.77	11.87	7.88	Sevilla	Sevilla	XVIII
BCaso 34	7.53	26.03	8.59	32.25	15.69	9.45	Sevilla	Sevilla	XVI-XVIII
BCaso 35	7.40	24.44	6.63	28.51	11.63	5.55	Sevilla	Sevilla	XVIII
BCaso 36	5.94	24.69	10.13	27.93	13.62	5.61	Sevilla	Sevilla	XVIII
BCaso 37	6.18	30.17	6.02	40.49	15.10	15.65	Sevilla	Sevilla	XVII-XVIII
BCaso 38	7.44	28.82	5.77	45.82	15.18	19.88	Sevilla	Sevilla	XVII-XVIII
BCaso 39	6.41	21.83	3.34	31.71	7.76	1.84	Sevilla	Sevilla	XVIII
BCaso 40	5.40	18.15	3.25	31.60	7.68	1.55	Sevilla	Sevilla	XVIII

Fuente: Elaboración propia.

diámetro de la base (var. 3), altura máxima (var. 4), altura del diámetro máximo (var. 5) y capacidad neta (var. 6).³ Los datos obtenidos (tabla 1) se han utilizado como *input* de los posteriores análisis estadísticos multivariable para crear las tipologías tomando como base criterios matemáticos.

³En cuanto a la altura del diámetro máximo en los Casos H85 se ha tomado desde la base y en los Casos SOJ desde el borde. La capacidad neta de las piezas ha sido calculada con el método para conocer la capacidad interior y el volumen de arcilla utilizado en la fabricación de recipientes cerámicos definido por Ramos Gil (2010) y el uso de CAD (Busto, 2015).

Agrupamiento y clasificación mediante análisis multivariable

Diferentes estudios arqueológicos nos indican que las cerámicas poseen una serie de medidas que permiten su clasificación (Orton y Hughes, 2013, p. 194). De este modo, la descripción numérica de los lotes cerámicos nos proporciona los datos suficientes para medir las similitudes entre cada uno de los casos y poder clasificarlos o agruparlos, sirviéndonos de distintos análisis multivariable.

Análisis de agrupamiento

El método de agrupamiento utilizado será la taxonomía numérica a través del análisis clúster (en

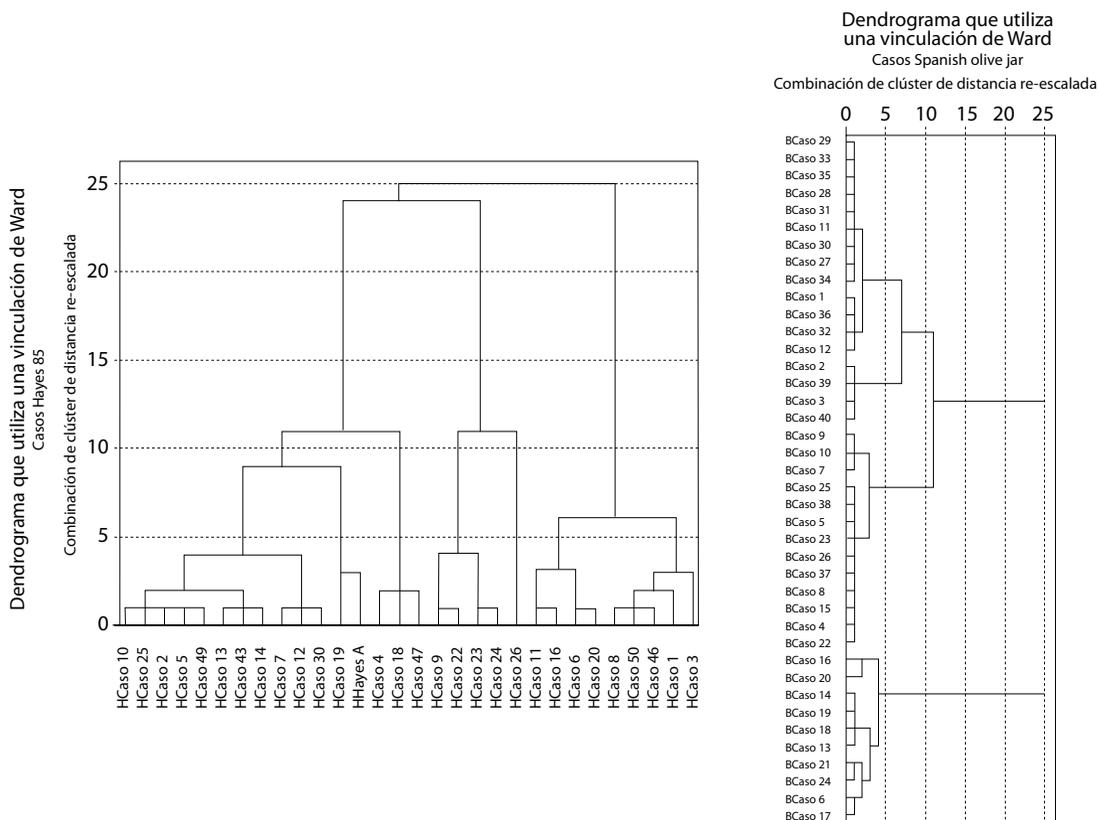


Figura 2. Dendrograma resultante del AC sobre los Casos H85 y Casos SOJ.

adelante AC). El AC es un método de clasificación de individuos en categorías, bastante común en la literatura arqueológica (Wilcock y Shennan, 1975; Orton, 1988, pp. 50-60; Shennan, 1992, pp. 215-234; Aguilera, 1998; Baxter, 2015, pp. 140-184). Para la agrupación en clústeres, hemos utilizado el método de Ward, que es de tipo jerárquico y aglomerativo (Bisquerra, 1989, pp. 410-412). Asimismo, se ha tomado la distancia euclídea al cuadrado como medida de intervalo y se han estandarizado las seis variables (*Puntuaciones Z*). Los resultados obtenidos pueden verse en la figura 2.

En cuanto al lote cerámico Casos H85, el AC nos permitió distinguir tres grupos de vasijas diferentes (figuras 2 y 3). Por lo tanto, nuestros resultados matizan los estudios de Hayes (1972) y todos los trabajos

posteriores derivados de su investigación, dado que en ellos sólo se reconocen dos formas, las denominadas H85A y H85B. El primer grupo identificado en este estudio es el H85 C1 que se caracteriza por piezas con formas cerradas y robustas, con diámetros de borde y base de pequeño tamaño y con una altura y capacidad media (en este grupo es donde encontramos la forma Hayes A). El clúster H85 C2 agrupa todas las piezas con “pie” muy poco desarrollado y de menor altura, aunque la capacidad neta es muy similar a la de los otros dos grupos. Por último, el H85 C3 está constituido por las piezas más esbeltas con perfiles más abiertos y de mayor tamaño, teniendo en cuenta tanto su altura como su capacidad neta.

Por lo que respecta al lote cerámico Casos SOJ, el dendrograma señala la existencia de cuatro tipos

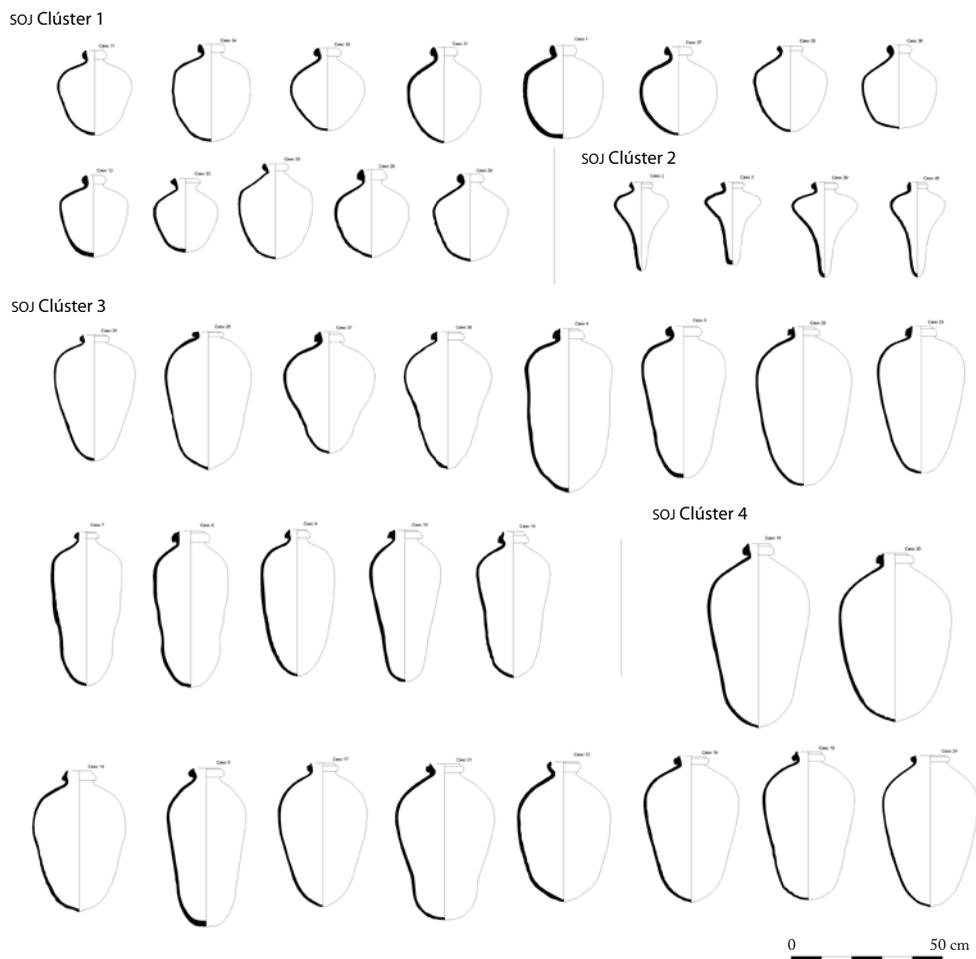
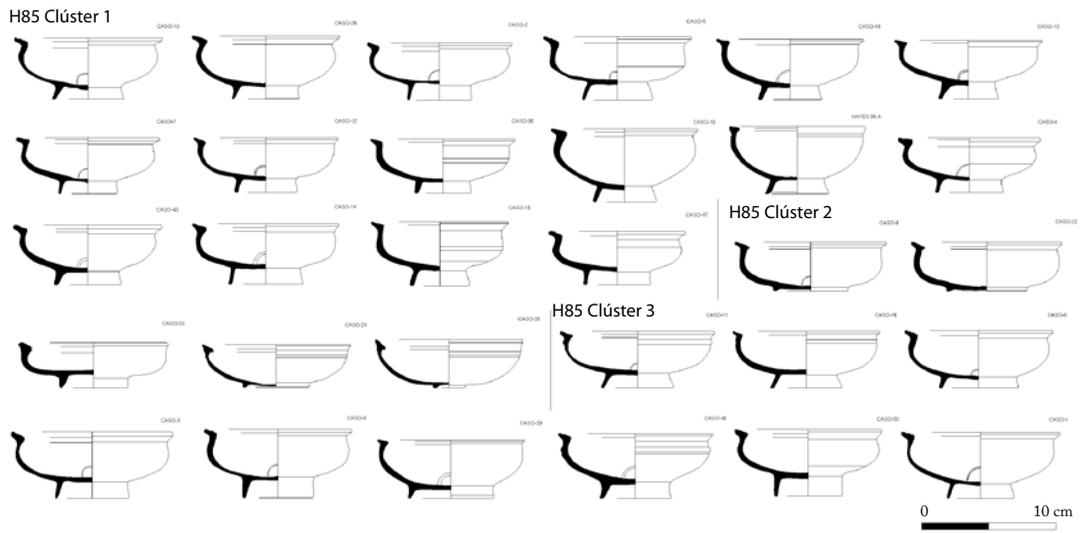


Figura 3. Formas cerámicas de los Casos H85 y Casos SOJ clasificadas en su clúster correspondiente.

Tabla 2. ACP con tablas de varianza total explicada y matriz de componente rotado de los casos analizados

Componente	Casos Hayes 85		
	Varianza total explicada		
	Total	Autovalores iniciales	
		Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado
1	2.498	41.626	41.626
2	1.928	32.137	73.763
3	0.932	15.534	89.297
4	0.393	6.553	95.850
5	0.187	3.110	98.960
6	0.062	1.040	100.000

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Variables	Casos Hayes 85	
	Matriz de componente rotado ^a	
	Componente	
	1	2
Var. 1	-0.183	0.855
Var. 2	0.020	0.944
Var. 3	0.174	0.420
Var. 4	0.978	-0.047
Var. 5	0.907	-0.006
Var. 6	0.683	0.561

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.^a

^a La rotación ha convergido en tres iteraciones.

Componente	Casos Spanish olive jar		
	Varianza total explicada		
	Total	Autovalores iniciales	
		Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado
1	3.814	63.566	63.566
2	1.074	17.908	81.474
3	0.676	11.271	92.746
4	0.259	4.314	97.060
5	0.130	2.169	99.229
6	0.046	0.771	100.000

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Variables	Casos Spanish olive jar	
	Matriz de componente rotado ^a	
	Componente	
	1	2
Var. 1	0.252	0.729
Var. 2	0.889	0.338
Var. 3	0.076	0.849
Var. 4	0.951	-0.013
Var. 5	0.862	0.306
Var. 6	0.937	0.211

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.^a

^a La rotación ha convergido en tres iteraciones.

muy diferentes entre sí (figuras 2 y 3). El primero de ellos, el SOJ C1, está formado por piezas de perfil circular, que tienen similitudes con la serie Botija Tipo B (Amores y Chisvert, 1993, pp. 284, 309-310). El grupo SOJ C2 está constituido por vasijas de pequeño tamaño y capacidad, con una forma apuntada muy característica, la cual coincide con la Botija Tipo D (Amores y Chisvert, 1993, pp. 285, 311). El grupo SOJ C3, está integrado por piezas de gran tamaño y capacidad, con perfiles que tienden a la vertical y muestra cierta forma de pera, estas vasijas coinciden con la Botija Tipo A y la Botija Tipo C (Amores y Chisvert, 1993, pp. 283-285, 308-310). Por su parte, el clúster SOJ C4, también guarda cierta similitud con la Botija Tipo A y Tipo C de los estudios anteriormente citados, incluyendo en este grupo, las piezas de mayor capacidad.

Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (en adelante ACP) es una técnica útil para conocer mejor los grupos identificados a través del AC y saber cuáles son las características que más contribuyen a la variabilidad entre cada forma. El ACP es un análisis estadístico multivariable de simplificación o reducción, dado que mediante la combinación lineal de las variables, se obtiene una serie de componentes principales (en adelante CP) que las resumen (Baxter, 2015, pp. 48-62). El ACP para el estudio de la forma cerámica ya ha sido ampliamente utilizado en arqueología (Orton, 1988, pp. 60-67; Shennan, 1992, pp. 247-270; Baxter, 2015, pp. 48-99). En nuestros lotes se ha utilizado con el método de rotación Varimax con normalización Kaiser, con una rotación que ha convergido en tres iteraciones (tabla 2).

Para el lote cerámico Casos H85 en la tabla de la varianza total, vemos que 41.626 por ciento de la variabilidad está contenida en el primer componente principal (CP1). Tomando este componente por partes, advertimos que consiste en contribuciones positivas altas de las variables 4 y 5, relacionadas con la altura de la pieza y contribuciones negativas de la variable 1, relacionada con el diámetro del borde. Esto sugiere que el CP1 representa una proporción entre altura y diámetro. De este modo, las

vasijas H85 más altas (H85 C3) y con menor diámetro (H85 C1) dan unos valores altos en este componente. Por su parte, aquellas piezas más bajas y cerradas darían valores negativos (H85 C2). Asimismo, 32.137 por ciento de la variabilidad lo aporta el segundo componente principal (CP2), con unas contribuciones positivas de las variables 2 y 1, es decir, aquellas relacionadas con el diámetro máximo y el diámetro del borde. Por otro lado, tiene contribuciones negativas de las variables 4 y 5. Esto hace que las vasijas de menor altura (H85 C2) y de mayor diámetro (H85 C3) tengan puntuaciones elevadas, frente a las piezas altas y cerradas (H85 C1). Por su parte, el resto de CP, contribuyen de forma menor al conjunto de la variabilidad del lote H85, dado que los dos primeros explican casi 74 por ciento de la misma.

Por lo que respecta al lote cerámico Casos SOJ, más del 81 por ciento de la variabilidad está determinada por los dos primeros CP. Del CP1 depende 63.566 por ciento de la variabilidad y consiste en una contribución positiva muy alta de las variables 4 y 6, es decir las relacionadas con la altura y la capacidad neta. Por lo tanto, las piezas preparadas para contener mayor volumen de líquidos tienen unos valores muy altos (SOJ C3 y SOJ C4), mientras que las piezas de capacidad y altura menor dan valores negativos (SOJ C1 y SOJ C2). El CP2 explica casi 18 por ciento de la varianza, puntuando positivamente las piezas con mayor diámetro de borde y de base (SOJ C1 y SOJ C4), mientras que la altura puntúa negativamente (SOJ C2 y SOJ C3).

Si los datos obtenidos a través del ACP los cruzamos con los datos emanados del AC, podemos comprender mejor la naturaleza de nuestros grupos (tabla 2 y figura 4). Vemos así qué características y qué variables son definitorias de los grupos tipológicos creados.

Grado de estandarización cerámico a partir del coeficiente de variación

Tras definir las tipologías podemos realizar los respectivos análisis para conocer el grado de estandarización de estas producciones, dado que la variabilidad se puede medir estadísticamente (Orton y Hughes, 2013, pp. 147-148). Nos serviremos del

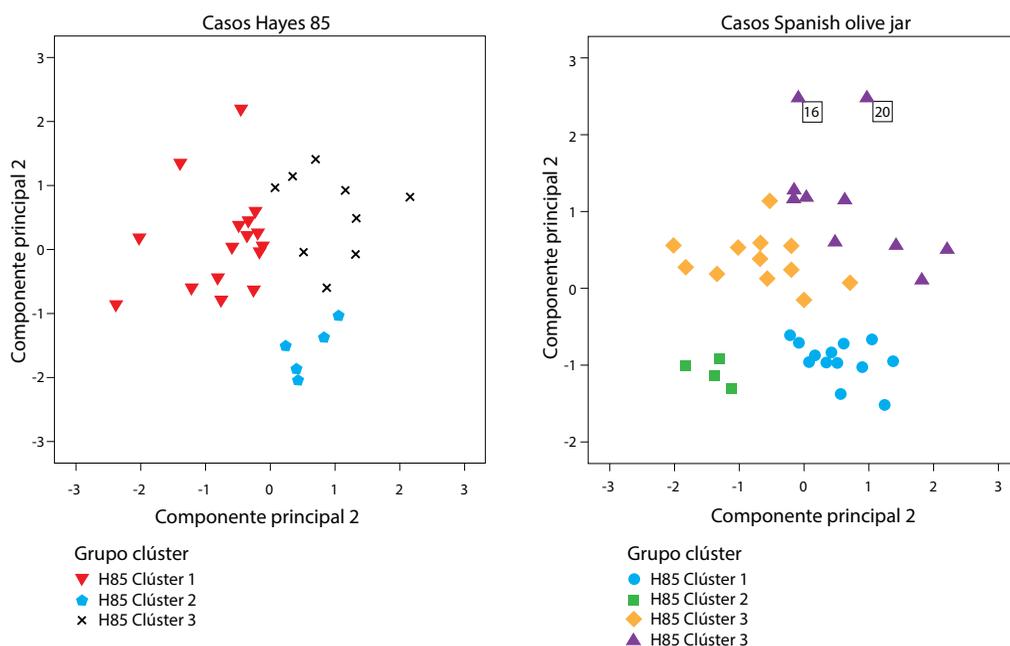


Figura 4. Diagramas de dispersión con base en los dos primeros CP de los Casos H85 y los Casos SOJ divididos por grupos clúster.

coeficiente de variación (en adelante CV), es decir, la desviación estándar (DE) dividida por la media (M) y multiplicada por 100 (Shennan, 1992, p. 57). El resultado es una medida de la dispersión estandarizada, la cual nos permite saber el grado de especialización de una producción artesanal, ya que con ella es posible obtener escalas de variabilidad (Costin y Hagstrum, 1995, p. 631).

Para afirmar la estandarización de una producción cerámica, debemos tener en cuenta diferentes constantes que conocemos gracias a paralelos etnográficos. Por un lado, un CV de 1.7 por ciento representa la variación mínima obtenida a través de la producción manual de artefactos por los seres humanos (Ogle, 1950, p. 231), dado que ésta es el límite inferior teórico que se puede lograr en los procesos artesanales, debido a las limitaciones de la percepción humana (Eerkens y Bettinger, 2001, p. 495). Los artefactos que muestran un CV menor de 1.7 por ciento deben implicar una automatización de la producción y el uso de una serie de normas y regulaciones en dicha producción (Eerkens

y Bettinger, 2001, p. 496). Por otro lado, un CV entre 2.5 y 4.5 por ciento es el mínimo error alcanzable por los individuos en la producción manual sin el uso de reglas externas (Eerkens, 2000, p. 667). Otra constante señala cómo los alfareros expertos se mueven en unos rangos que oscilan entre 2 y 6 por ciento de CV (Longacre, 1999, pp. 49-53). Por último, se ha demostrado que un CV igual o superior a 57.7 por ciento representa la variación esperada bajo una producción realizada en condiciones aleatorias y por lo tanto no estandarizada (Eerkens y Bettinger, 2001, p. 497). De este modo, hemos hallado el CV (tabla 3) y utilizado estas constantes para determinar el grado de estandarización de los Casos H85 y Casos SOJ.

En el lote cerámico Casos H85, todos los CV son inferiores a 57.7 por ciento, por lo tanto en todos los grupos observamos la existencia de cierta estandarización. Las variables más estandarizadas son las referentes al diámetro del borde y al diámetro máximo, con un CV tan bajo que nos indica el uso de reglas externas que condicionaron la producción

Tabla 3. cv de los Casos H85 y los Casos SOJ

Grupo Clúster		Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6
<i>Casos Hayes 85</i>							
H85 C1	M	8.759	10.153	4.886	4.541	3.146	0.140
	DE	0.315	0.312	0.311	0.386	0.403	0.022
	CV	3.600	3.077	6.358	8.504	12.805	15.340
H85 C2	M	9.222	10.700	4.840	3.566	2.304	0.138
	DE	0.206	0.100	1.383	0.234	0.201	0.025
	CV	2.233	0.935	28.583	6.575	8.711	18.469
H85 C3	M	9.309	10.734	5.461	4.718	3.289	0.174
	DE	0.255	0.312	0.479	0.405	0.287	0.021
	CV	2.737	2.909	8.768	8.578	8.724	12.326
<i>Casos Spanish olive jar</i>							
SOJ C1	M	6.635	24.490	8.195	29.106	12.922	5.950
	DE	0.715	1.341	1.500	2.197	1.684	1.711
	CV	10.772	5.475	18.305	7.549	13.030	28.762
SOJ C2	M	6.108	19.150	3.455	30.088	7.405	1.378
	DE	0.530	1.806	0.621	2.025	0.530	0.394
	CV	8.676	9.431	17.980	6.729	7.154	28.589
SOJ C3	M	6.295	27.521	6.301	49.625	14.513	23.754
	DE	1.091	2.296	1.086	4.995	1.806	8.180
	CV	17.327	8.344	17.235	10.065	12.444	34.438
SOJ C4	M	7.926	33.864	8.372	57.234	20.539	37.177
	DE	1.353	4.895	1.740	6.648	3.261	13.358
	CV	17.069	14.456	20.778	11.615	15.875	35.932

Fuente: Elaboración propia.

de estas piezas. Además, seis de las variables analizadas presentan un CV inferior a 6 por ciento, lo que nos indica que han sido producidas por alfareros especializados.

En lo que se refiere al lote cerámico Casos SOJ, aunque si bien es cierto que muestra mayor variabilidad que el lote cerámico Casos H85, el CV de todas las variables analizadas es siempre inferior a 57.7 por ciento. El grupo SOJ C1 muestra altos índices de estandarización en lo que se refiere al diámetro máximo y a la altura de las piezas. Las vasijas SOJ C2 son las más estandarizadas de todo el grupo ya que presentan un CV inferior a 10 en cuatro de las seis variables analizadas.

Normalización de la producción cerámica con base en unidades de medida

Una vez que hemos demostrado, con el análisis CV, que los lotes cerámicos Casos H85 y Casos SOJ tienen un alto grado de estandarización en su morfología, podemos ir más allá y conocer las unidades de medida que regularon dichas producciones. En este trabajo, tomamos como base los estudios de Rottländer (1966), que ya puso en práctica esta teoría en diferentes producciones cerámicas romanas, así como a Orton (1988, pp. 221-225).

Al analizar el lote cerámico Casos H85, podemos partir de la premisa de que sus dimensiones están basadas en un sistema de medida romano. Para com-

probarlo hemos traducido las variables 1, 2, 3 y 4 del sistema métrico decimal a una unidad métrica romana: el *digitus* (18.5 milímetros), medida ya utilizada por Rottländer (1966). Además, hemos transformado la variable 6 a una unidad de capacidad romana: el *sextans* (0.09 litros). Los resultados pueden verse en la figura 5.

En la gráfica de líneas (figura 5 superior) podemos observar cómo la mayor parte de las medidas del lote cerámico Casos H85 coinciden con unida-

des de *digitus*. De las 120 medidas tomadas, 84 de ellas se corresponden con *digitus*, lo que supone el 70 por ciento de la muestra. Si nos fijamos en la capacidad neta, el histograma resulta clarificador (figura 5 inferior), dado que las capacidades de las vasijas parecen agruparse en unidades o múltiplos de *sextans*. Unos porcentajes tan altos no pueden ser casuales, sino que nos indica una correspondencia entre las dimensiones y la capacidad de la forma H85 y las unidades romanas de *digitus* y

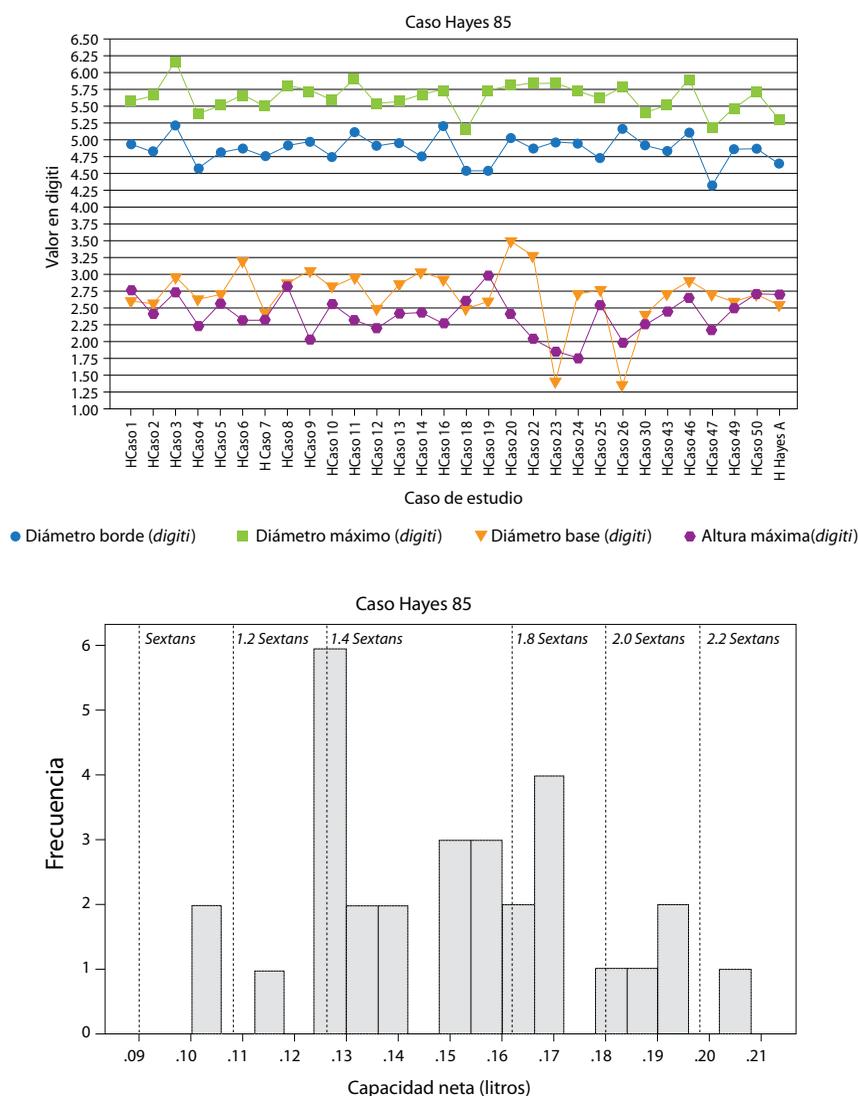


Figura 5. Casos H85. Gráfica de líneas con los valores de las variables 1-4 en una escala de *digitus* (arriba). Histograma de la capacidad neta y diferentes unidades de *sextans* (abajo).

sextans. Por consiguiente, si con anterioridad señalábamos que para poder explicar unos CV tan bajos debía existir una serie de reglas externas que condicionasen el trabajo del alfarero, muy probablemente estas reglas se expresarían en *digiti* y *sextantes*.

En el lote cerámico Casos SOJ, al tratarse de producciones dedicadas al comercio, parece lógico que su producción estuviese regulada por unas medidas y capacidades estándar. Al igual que en el caso an-

terior, hemos convertido nuestras medidas (var. 1-4 y 6) a las unidades de medida utilizadas en Sevilla en la época de producción de nuestras piezas (Puente Feliz, 1982; Gutiérrez Bringas, 1996). La unidad de longitud elegida ha sido el palmo (20.9 cm) y las unidades de capacidad: la cántara (16.13 litros), ligada principalmente al vino (Gutiérrez Bringas, 1996, p. 248) y la arroba (12.56 litros), relacionada con el aceite (Puente Feliz, 1982, pp. 121-123). Los resultados pueden verse en la figura 6.

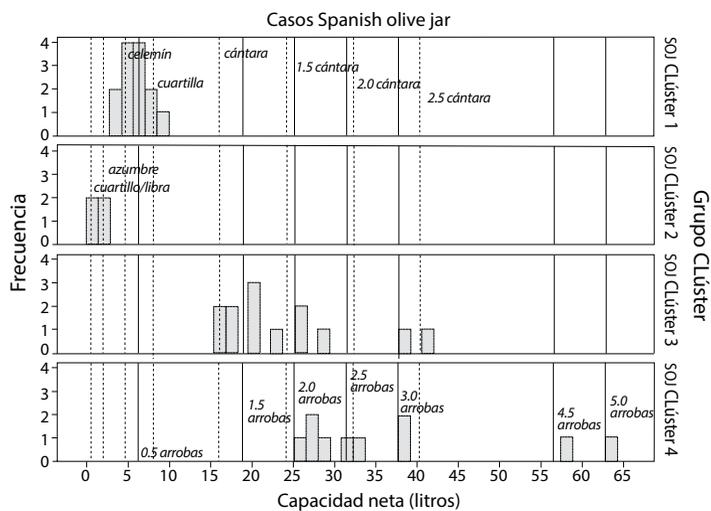
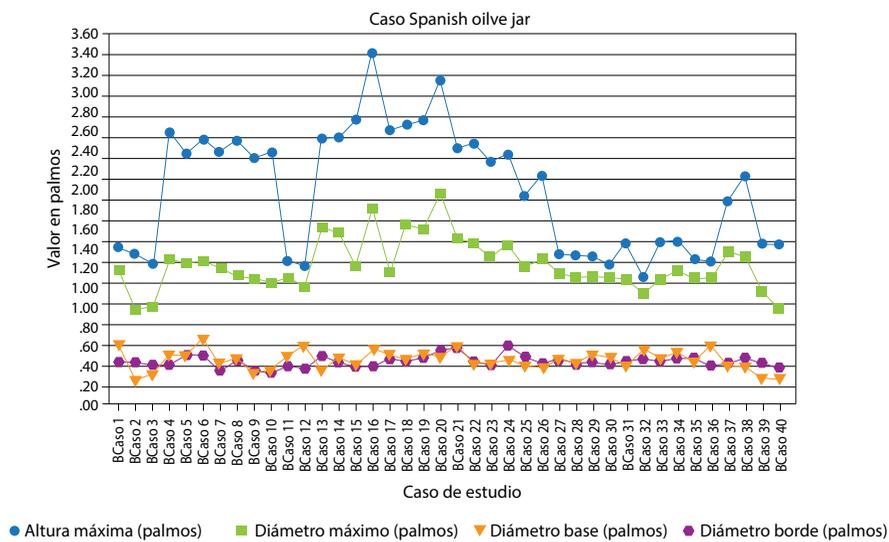


Figura 6. Casos SOJ. Gráfica de líneas con los valores de las variables 1-4 en una escala de palmos (arriba). Histograma de la capacidad neta y diferentes unidades de cántara y arroba (abajo).

En la gráfica de líneas (figura 6 superior) podemos observar cómo el 80 por ciento de las medidas del lote cerámico Casos SOJ coinciden con medidas exactas en palmos. De hecho, de las 160 medidas tomadas hay 128 que coinciden. Por otro lado, en el histograma (figura 6 inferior) observamos cómo la capacidad de las vasijas del lote cerámico Casos SOJ tiende a agruparse en torno a unidades de cántara y de arroba principalmente, de hecho en el histograma se puede entrever la existencia de una especialización en torno al transporte de líquidos de cada uno de los grupos creados a través del AC.

Así, en el grupo SOJ C1, sus capacidades coinciden, por un lado, con las de media cántara o media arroba. Al mismo tiempo, coinciden perfectamente con el celemín (4.624 litros) —una medida de capacidad para áridos— y con la cuartilla (8.066 litros), medida para líquidos, ambas utilizadas en Castilla (Puente Feliz, 1982, p. 125).

El grupo SOJ C2 coincide con dos medidas castellanas de capacidad ligadas al vino (Gutiérrez Bringas 1996, p. 248), como son el cuartillo (0.5 litros) y el azumbre (2 litros). Este grupo también está relacionado con la libra (0.5 litros) utilizada como medida de aceite (Gutiérrez Bringas, 1996, p. 248).

Por su parte, en el grupo SOJ C3 las capacidades se agrupan en torno a diferentes múltiplos de cántara y arroba, con ejemplares de capacidades que van desde 1 a 2.5 cántaras y desde 1.5 a 3 arrobas.

Por último, en el grupo SOJ C4, al igual que en el anterior, las capacidades de sus piezas coinciden con medidas de cántara y arroba, aunque en este caso parecen estar más relacionadas con esta última. Las capacidades oscilan entre 2 y 5 arrobas.

Estas coincidencias corroboran y demuestran que estas producciones están ligadas principalmente al transporte de líquidos (Goggin, 1962); por lo tanto, puede decirse que este estudio ha precisado las funciones de estas piezas. De este modo, los contenedores del grupo SOJ C1 son los únicos que podrían dedicarse por sus capacidades tanto al transporte de líquidos como al transporte de áridos. Por su parte, la capacidad de las vasijas SOJ C2 las relaciona con el transporte de líquidos, principalmente vino. Por último, las piezas SOJ C3 podrían

transportar indistintamente vino o aceite, mientras que el grupo SOJ C4 parece estar relacionado con el transporte de aceite, dado que sus medidas de capacidad tienen correlación con la arroba. La conclusión que extraemos es que el lote cerámico Casos SOJ está formado por productos cuya elaboración está regulada por el palmo como unidad de longitud y por la cántara, la arroba y otra serie de unidades de capacidad utilizadas en la Edad Moderna en la península ibérica, que actuarían como reglas externas condicionantes de la producción alfarera.

CONCLUSIONES

La metodología aplicada en este estudio ha combinado dos tipos de análisis multivariable, el análisis clúster (*i.e.* AC) y el análisis de componentes principales (*i.e.* ACP), para identificar una serie de grupos, sobre la base de criterios matemáticos, con la finalidad de conocer cuál era el grado de estandarización de cada uno a través de su coeficiente de variación (*i.e.* CV).

Como resultado, hemos comprobado cómo los análisis multivariable empleados son un método válido de clasificación cerámica compatible con los estudios más tradicionales, incluso más exacto y preciso dado que se basa en criterios estadísticos. Esto nos ha permitido clasificar el lote cerámico Casos H85 en tres grupos y no en dos, como se hacía hasta ahora. Algo parecido ocurre con el análisis del lote cerámico Casos SOJ, en donde se ha creado un nuevo subtipo con base en la capacidad de las piezas. Asimismo, hemos aportado datos estadísticos acerca del nivel de estandarización de los casos estudiados y hemos señalado cuáles podrían haber sido las unidades que condicionaron y normalizaron sus producciones. Por lo tanto, creemos que los planteamientos aquí expuestos pueden ser útiles y exportables a otros estudios que quieran indagar más acerca del sistema de producción, la estandarización y las unidades de medida que normalizaron cualquier producción cerámica.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación pudo llevarse a cabo gracias a la colaboración del doctor Enrico Cirelli, que nos per-

mitió consultar y estudiar todas las piezas que forman parte de los Casos H85 halladas en el área portuaria de Classe (Italia). Por otro lado, la toma de datos referentes a los Casos SOJ fue en parte realizada por Jesús Fernández López. Agradecemos a ambos la ayuda prestada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera Martín, A. (1998). Análisis multivariable: Una nueva vía para la caracterización cerámica. *Pyrenae*, 29, pp. 117-134.
- Amores Carredano, F. y Chisvert Jiménez, N. (1993). Tipología de la cerámica común bajomedieval y moderna sevillana (siglos XV-XVIII): I. La loza quebrada de relleno de bóvedas. *SPAL. Revista de Prehistoria y Arqueología*, 2, pp. 269-325.
- Azkarate Garai-Olaun, A. y Núñez Marcén, J. (1990-1991). Colección de botijas y botijuelas ("Spanish olive jar" o "anforetas") procedentes de la Ermita de San José (Elorrio, Bizkaia). *Kobie (Serie Paleoantropología)*, 19, pp. 153-182.
- Baxter, M.J. (2015). *Exploratory Multivariate Analysis in Archaeology*. Nueva York: Percheron Press.
- Bisquerra Alzina, R. (1989). *Introducción conceptual al análisis multivariable*. Barcelona: Promociones y Publicaciones Universitarias.
- Busto Zapico, M. (2015). Sobre el uso de herramientas informáticas para la cuantificación cerámica: el EVE 2.0. *SÉMATA, Ciencias Sociais e Humanidades*, 27, pp. 199-219.
- Busto Zapico, M. y Cirelli, E. (2016). Late Roman Pottery Standardization: Hayes 85's Case Study. Ponencia presentada en *TRADE International Conference, Transformations of Adriatic Europe 2nd-9th Century*. Resumen disponible en: http://www.iarh.hr/~trade/userfiles/downloads/Trade%20Zadar%202016_Abstracts%20book.pdf
- Cirelli, E. (2007). Ravenna e il commercio nell'Adriatico nella tarda Antichità. En A. Augenti y C. Bertelli (Eds.), *Felix Ravenna. La croce, la spada, la vela: L'alto Adriatico fra V e VI secolo*. Milán: Skira, pp. 45-50.
- Costin, C.L. y Hagstrum, M.B. (1995). Standardization, Labor Investment, Skill, and the Organization of Ceramic Production in Late Prehispanic Highland Peru. *American Antiquity*, 60(4), pp. 619-639.
- Díaz Díaz, V.M. (2016). Seis contenedores cerámicos de época moderna y contemporánea en el entorno de la ría del Eo. *Nailos. Estudios Interdisciplinarios de Arqueología*, 3, pp. 241-259.
- Eerkens, J. (2000). Practice Makes Within 5% of Perfect: Visual Perception, Motor Skills, and Memory. *Current Anthropology*, 41(4), pp. 663-668.
- Eerkens, J.W. y Bettinger, R.L. (2001). Techniques for Assessing Standardization in Artefact Assemblages: Can We Scale Material Variability? *American Antiquity*, 66(3), pp. 493-504.
- Goggin, J. (1962). *The Spanish Olive Jar: An Introductory Study*. New Haven: Yale University Publications in Anthropology 62.
- Gutiérrez Bringas, M.A. (1996). La metrología: Un problema para la historia agraria (convertibilidad métrica y recopilación bibliográfica). *Noticario de Historia Agraria*, 12, pp. 221-248.
- Hayes, J.W. (1972). *Late Roman Pottery*. Londres: British School at Rome.
- Hodder, I. (1979). Pottery Distribution: Service and Tribal Areas. En M. Millett (Ed.), *Pottery and the Archaeologist*. Londres: Institute of Archaeology, Occasional Publications 4, pp. 7-24.
- Longacre, W. (1999). Standardization and Specialization: What's the Link? En J. Skibo y G. Feinman (Eds.), *Pottery and People. A Dynamic Interaction*. Salt Lake City: University of Utah Press, pp. 44-58.
- Ogle, K.N. (1950). *Researches in Binocular Vision*. Filadelfia: Saunders.
- Orton, C. (1988). *Matemáticas para arqueólogos*. Madrid: Alianza Editorial.
- Orton, C. y Hughes, M. (2013). *Pottery in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Puente Feliz, G. (1982). El sistema métrico decimal. Su importancia e implantación en España. *Cuadernos de Historia Moderna y Contemporánea*, 3, pp. 95-125.
- Ramos Gil, A. (2010). Una aplicación de la hoja de cálculo en arqueología: Método para conocer la capacidad interior y el volumen de arcilla utilizado en la fabricación de recipientes cerámicos. En L. Girón, M. Lazarich y M. da Conceição (Eds.), *Actas del I Congreso Internacional sobre Estudios Cerámicos. Homenaje a la Dra. Mercedes Vegas*. Cádiz: Universidad de Cádiz, pp. 128-147.
- Rottländer, R. (1966). Is Provincial-Roman Pottery Standardized? *Archaeometry*, 9, pp. 76-91.
- Shennan, S. (1992). *Arqueología Cuantitativa*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Wilcock, T.J. y Shennan, S.J. (1975). Shape and Style Variation in Central German Bell Beakers. A computer Assisted Study. *Science and Archaeology*, 15, pp. 17-31.

Al igual que otras disciplinas científicas, la arqueología se ha beneficiado desde hace décadas de las innovaciones producidas por la revolución informática. En la actualidad, la eficacia de métodos computacionales y técnicas digitales para estudiar el pasado ha alcanzado un nivel tan alto que tareas fundamentales, como el registro de datos, la clasificación de artefactos, la evaluación de modelos de evolución histórica, la exhibición y difusión del patrimonio cultural, entre muchas otras, no pueden concebirse sin un enfoque cuantitativo facilitado por un ordenador electrónico.

En este libro se presentan 18 trabajos que demuestran el potencial de los métodos computacionales en la documentación, análisis y difusión del patrimonio cultural. El volumen es resultado del trabajo de 32 miembros de la Red de Tecnologías Digitales para la Difusión del Patrimonio Cultural (RedTDPC), una organización académica que reúne a más de 250 investigadores, estudiantes, gestores culturales y agentes de los sectores público y privado interesados en investigar las condiciones técnicas, intelectuales, legales y económicas para que las tecnologías digitales puedan ayudar a las instituciones culturales a mejorar el análisis, la difusión y la divulgación del patrimonio cultural. La RedTDPC opera desde el Instituto Nacional de Antropología e Historia gracias al financiamiento del Programa de Redes Temáticas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Con la publicación de este libro, la RedTDPC trata de llenar un vacío en la bibliografía mexicana sobre arqueología computacional y espera fomentar, entre estudiantes e investigadores, un interés mayor en este importante tema.



CULTURA
SECRETARÍA DE CULTURA

