

CONTRIBUCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL DESGRASANTE A LA CLASIFICACIÓN DE TEXTURAS CERÁMICAS ARQUEOLÓGICAS

Ángel J. Polvorinos del Río⁽¹⁾

Resumen

Los métodos de petrografía cuantitativa aplicados al estudio de láminas delgadas de cerámicas arqueológicas permiten estimar no sólo la abundancia relativa de las fases minerales y poros sino determinar las distribuciones de sus tamaños (granulometría) y de otros parámetros de forma. La automatización de los procedimientos para abordar dichos análisis y el valor interpretativo, que desde el punto de vista de los procesos de producción cerámica pueden derivarse, son aspectos favorables para la sistematización de este tipo de análisis.

Se han analizado las distribuciones de parámetros de forma y tamaño de un conjunto de cerámicas pertenecientes a un yacimiento en el que se aprecian variaciones temporales en las tipologías cerámicas elaboradas.

Palabras clave: análisis granulométrico, texturas, parámetros de forma, parámetros de tamaño.

1. INTRODUCCIÓN

La textura de cerámicas arqueológicas es una propiedad en la que se integran entre otros aspectos la abundancia relativa de los distintos tamaños de granos minerales que constituyen el desgrasante, así como su relación con la matriz y los poros.

Esta propiedad, que se ha utilizado en la clasificación de conjuntos cerámicos a partir de estimaciones cualitativas o semicuantitativas de la granularidad del desgrasante, es susceptible de ser cuantificada, a través del análisis granulométrico del desgrasante y representar una contribución importante al análisis arqueométrico de cerámicas.

⁽¹⁾ Dpto. de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. Universidad de Sevilla. C/ Prof. García González, s/n, 41012 Sevilla. E-mail: polvorin@cica.es.

La granulometría de una cerámica en principio puede considerarse heredada de la arcilla empleada en su elaboración, si se obvian las modificaciones debidas a las técnicas empleadas en la preparación de la pasta, así como a los procesos de cocción. Desde el punto de vista sedimentológico, la actuación de procesos espacio-temporales complejos, tales como los de degradación, transporte y depósito de materiales determinan su granulometría. El análisis sedimentológico trata de establecer las condiciones genéticas de estos materiales, es decir, las condiciones paleoambientales y los procesos de deposición, a partir del análisis granulométrico. A pesar de la limitación de la información granulométrica para inferir procesos deposicionales específicos [1], el análisis granulométrico se considera fundamental para interpretar la génesis de estos materiales [2 y 3] y son susceptibles de ser aplicados a la discriminación y comparación de cerámicas de interés arqueológico.

Un aspecto de interés arqueológico derivado del estudio cerámico es el de la tecnología empleada en la elaboración de las piezas o grupos cerámicos. Son diversas las prácticas susceptibles de haberse empleado, solas o concatenadas, para la preparación de arcillas; entre ellas se encuentra la realización de mezclas de arcillas distintas, la adición de otras fases minerales que facilite el manejo de la arcilla, la realización de moliendas de arcilla, decantación, etc. Dichas prácticas conducen a una modificación más o menos intensa en las distribuciones de los parámetros de forma y de tamaño de los granos minerales; evidenciar la utilización de estos procesos tecnológicos de la producción cerámica a partir del análisis de dichas distribuciones es un objetivo del análisis textural de cerámicas arqueológicas. La contribución de los métodos estadísticos multivariantes al análisis de datos granulométricos [4] de conjuntos cerámicos definidos, así como la experimentación controlada que incluyan los métodos de preparación cerámica indicados, son dos líneas de trabajo para potenciar estos métodos.

Aunque tradicionalmente para el análisis granulométrico de materiales sedimentarios se han aplicado los métodos convencionales de desagregación y tamizado, el análisis de materiales consolidados, como son las cerámicas, requiere la medida de láminas delgadas. Las metodologías utilizables en el análisis de la distribución de tamaños de grano coinciden con las desarrolladas en Petrografía cuantitativa y han sido aplicadas al estudio de materiales que van desde rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias a cerámicas, etc., destacando que el análisis modal [5 y 6] ha sido el objetivo más importante. Estos métodos se apoyan en la utilización de diversos procedimientos de captación de imágenes [7, 8, 9 y 10] y de procesado digital de imágenes [7, 11 y 12].

2. DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS Y METODOLOGÍA

En el análisis que se presenta, se han seleccionado 15 cerámicas recogidas durante la excavación de la tumba nº 3 del yacimiento calcolítico de la Pijotilla (Badajoz), que forman parte de un conjunto de cerámicas más amplio estudiadas para su caracterización arqueométrica. Además se incluyen tres muestras externas, una perteneciente a un silo (p76) y las pastillas repujadas p90 y p91 (tabla 1). Las características macroscópicas de cada cerámica, su situación estratigráfica y el tipo de objeto realizado con

Tabla 1. Descripción macroscópica de las muestras.

<i>Muestra</i>	<i>Estrat</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Color</i>	<i>Forma</i>
P16	15	7	Capa	V. Cilíndrico
P25	15	7	Capa	V. Globular
P27	3	8	Capa	V. Globular
P32	19	10	Gris	Cuenco
P42	14	5	Gris	Cuenco
P46	15	5	Capa	Cuenco
P48	19	7	Capa	Cuenco
P59	15	7	Gris	Cuenco
P64	14	6	Capa	V. Globular
P65	14	9	Capa	V. Globular
P68	15	10	Capa	V. Globular
P71	15	6	Roja	V. Conc-Conv.
P72	12	8	Capa	V. Globular
P76	Externo	12	Gris	V. Globular
P85	12	7	Capa	V. Esférico
P86	11	11		V. Esférico
P90	Externo	7		P. Repujada
P91	Externo	10	Roja	P. Repujada

la cerámica correspondiente se indica en la tabla 1. El conjunto de cerámicas presenta una mineralogía con cuarzo feldespatos y/o plagioclasas así como menores cantidades de filosilicatos (tabla 2), sólo pequeñas cantidades de calcita y en algunas muestras la presencia de anfíboles ponen de relieve que no todas las cerámicas se han realizado a partir de un mismo tipo de arcillas.

Aunque idealmente el tamaño de una partícula debería relacionarse con su volumen, la definición de los parámetros de tamaño de granos está muy relacionada con las posibilidades de medida de cada técnica utilizada; el desarrollo y mayor accesibilidad de los sistemas de toma de imágenes y de procedimientos de análisis de imagen automáticos han favorecido la medida de numerosos parámetros texturales y granulométricos a partir de láminas delgadas. El procedimiento de captación de imágenes y de análisis digital para obtener las imágenes binarias del desgrasante en que se midieron distintos parámetros de forma y tamaño de cada grano se describe en [9 y 12].

Durante el proceso de toma de imágenes de cada cerámica se ha seleccionado la mayor superficie representativa, al objeto de incluir el máximo número de granos minerales en que se miden los parámetros de tamaño. Para la determinación práctica del límite entre matriz y desgrasante y evitar que se generen distribuciones truncadas, se ha utilizado una resolución de digitalización de 2.000 ppp. Al objeto de simplificar el

Tabla 2. Composición mineralógica.

Muestra	Cuarzo	Feldes.	Plagio.	Calci.	Filosil.	Anfibol
P16	++++	I	+	++	I	
P25	++++	+	+		I	
P27	++++	+	+++		I	
P32	++++	I	+		I	
P42	++++	I	I	++	I	
P46	++++	I	I	++	I	
P48	++++	+	+		I	
P59	++++	I	I	I	I	
P64	++++	I	I		I	
P65	++++	+	+		I	
P68	++++	+	+		I	
P71	++++	+			I	
P72	++++	+	+		I	
P76	+++	++	++			++
P85	++++	+	+		I	
P86	++++	+	+	+	I	
P90	++++	+	+		I	
P91	++++		+		+++	++

++++ Muy abundante; +++ Abundante; ++ Medio; + Indicio.

análisis, no se ha realizado la separación de fases minerales, es decir que en el desgrasante se incluyen todos los granos minerales independientemente de su mineralogía, por lo que no ha sido necesaria la preparación de láminas con tinción específica o el desarrollo de métodos específicos de procesamiento de imágenes, que facilitasen su discriminación.

La superficie, perímetro, longitud máxima y mínima, elongación, redondez, diámetro Feret y compacidad se han determinado para los granos de mineral identificados en cada lámina delgada procesada, si bien sólo nos referiremos a la superficie y al eje máximo y mínimo de cada grano para el análisis granulométrico. El carácter lognormal de las distribuciones de estos parámetros sugiere su normalización, por lo que se han utilizado la transformación phi ($\phi = -\log_2 d_{mm}$), empleada tradicionalmente en la elaboración de las gráficas de tamaños de grano [2 y 3].

Las medidas de cada lámina delgada se han estructurado al objeto de poder comparar las distribuciones de tamaño de los granos del desgrasante entre las distintas muestras cerámicas y posibilitar su análisis estadístico multivariante. Para cada cerámica se han estratificado y aglomerado las medidas de los granos en 13 intervalos de clase del tamaño del eje máximo del grano utilizando la escala phi entre -2 y 5 unidades. Para cada intervalo de clase, se ha determinado la cantidad de granos inclui-

dos, la superficie de granos acumulada en cada intervalo, así como su importancia relativa en %.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La granulometría de los dos tipos de objetos cerámicos más representativos del enterramiento, cuencos y vasos globulares (tabla 1), revela que las arcillas que se utilizaron para su fabricación no presentan texturas diferenciadas y que un mismo tipo de objeto puede presentar granulometrías diversas (ver figuras 1a y 1b).

A pesar de esta dispersión, las distribuciones del desgrasante de todas las cerámicas se han estudiado utilizando los métodos de análisis de conglomerados y de com-

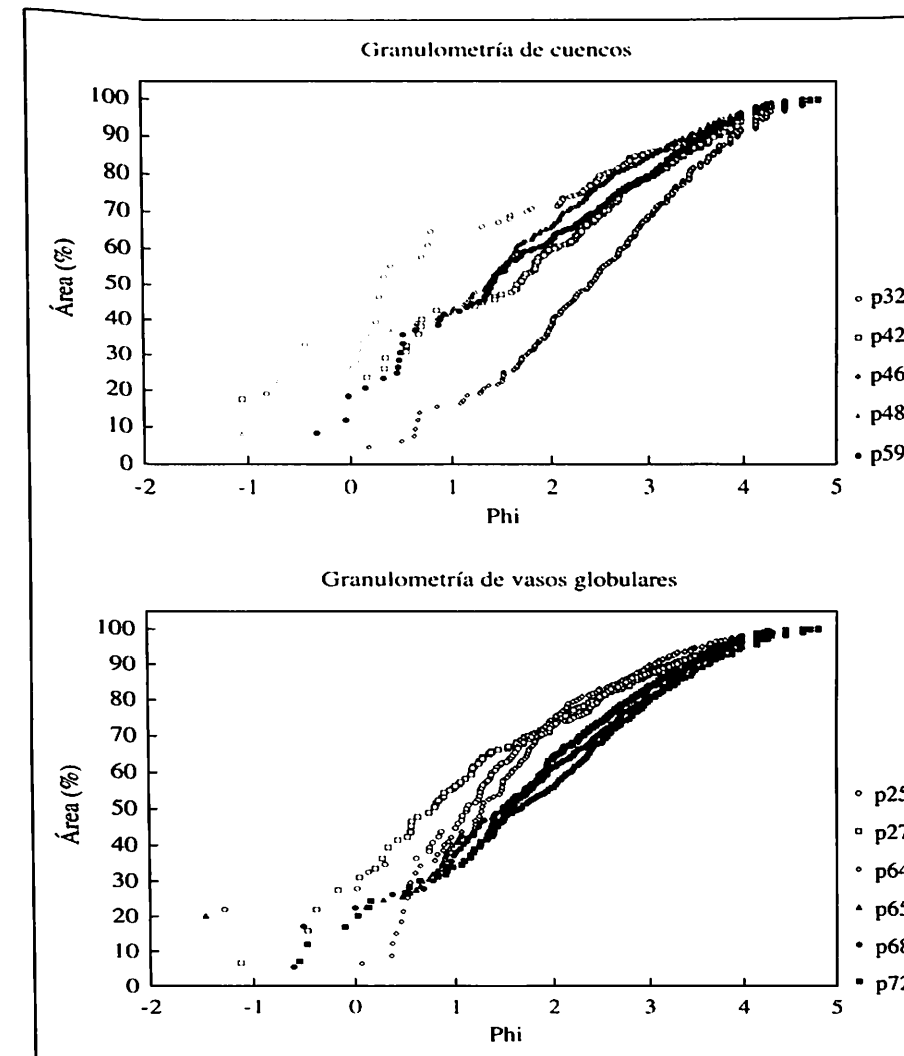


Figura 1a y 1b.

ponentes principales al objeto de establecer e identificar la presencia de granulometrías características, cuya significación interpretativa desde el punto de vista arqueológico pudiera ser de interés.

El análisis de conglomerados realizado a partir de la abundancia relativa de desgrasante en las trece categorías de tamaño de desgrasante, utilizando un criterio de distancia euclídea y un esquema de aglomeración sencillo, ha identificado tres grupos de cerámicas con una granulometría similar (figura 2).

Se ha realizado el análisis de la estructura de la correlación entre las fracciones granulométricas, habiéndose identificado dos factores que acumulan el 70% de la varianza total (tabla 3). La representación gráfica de las marcas factoriales de los dos primeros factores (figura 3) permite identificar sobre el primer componente la contribución contrapuesta entre las fracciones más finas ($1,5 < \phi < 4$) y las intermedias ($-0,5 < \phi < 1$), mientras en el eje vertical el contraste entre las fracciones más groseras ($-1,5 < \phi < -0,5$) y las intermedias ($1 < \phi < 2$), señalándose ciertos agrupamientos de muestras ya identificados en el análisis de conglomerados (figura 2).

Tabla 3.

	Factor 1	Factor 2
$\phi < -1,5$	0,27	0,11
$-1,5 < \phi < -1$	0,19	-0,53
$-1 < \phi < -0,5$	0,38	-0,56
$-0,5 < \phi < 0$	0,75	-0,41
$0 < \phi < 0,5$	0,72	-0,13
$0,5 < \phi < 1$	0,74	0,54
$1 < \phi < 1,5$	0,03	0,89
$1,5 < \phi < 2$	-0,60	0,62
$2 < \phi < 1,5$	-0,86	0,40
$2,5 < \phi < 2$	-0,93	0,25
$3 < \phi < 2,5$	-0,97	0,08
$3,5 < \phi < 3$	-0,96	-0,05
$4 < \phi < 3,5$	-0,83	-0,24
Varianza	6,48	2,61
Prp. Totl	0,49	0,20

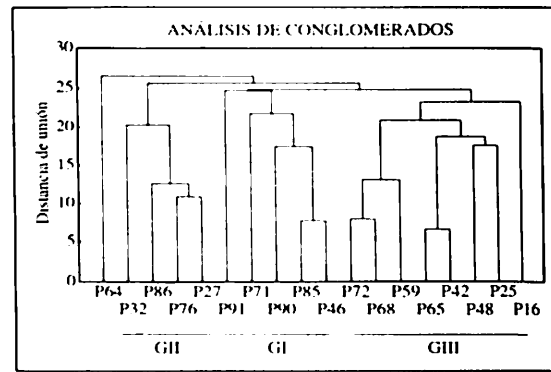


Figura 2.

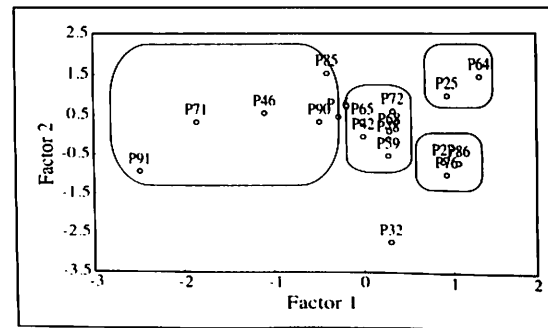


Figura 3.

La granulometría del grupo G I al que pertenecen las cerámicas p46, p71, p85, p90 y p91 indica la utilización de arcillas que incorporan un desgrasante con un pequeño tamaño de grano y bien clasificado, en el que se identifica la existencia de una única población lognormal (figura 4).

En las cerámicas p27, p32, p76 y p86 que integran el grupo G II, se identifican al menos dos poblaciones superpuestas de granos minerales. Una de estas distribuciones corresponde a granos minerales de tamaño grande y bien seleccionados, es decir con una baja dispersión de tamaños, y que representa alrededor del 50-60% de la superficie total del desgrasante. Los granos de tamaños intermedio y finos indican la presencia de otra población en unas muestras y en otras la posible superposición de dos poblaciones.

En las cerámicas restantes se identifica una sola población. Los granos minerales no están tan seleccionados como en los casos anteriores y sus dimensiones cubren todo el rango de tamaños encontrados en las cerámicas del grupo G II.

Al analizar estos tipos de granulometría en los distintos grupos mineralógicos de cerámicas, se observa que en las cerámicas que incorporan calcita (p16, p42, p46, p59 y p86), la de textura más fina y homogénea es la p46 y las muestras p16, p42 y p59 tienen un desgrasante menos seleccionado, mientras la p86 presenta un desgrasante en que se mezclan dos poblaciones de tamaños de grano bien diferenciadas (figura 5). Esta última cerámica, p86 corresponde a un vaso esférico con una anchura de pared de 11 mm, mientras las restantes cerámicas corresponden a cuencos de pared mucho más fina entre 5 y 7 mm. Este resultado, con todas las reservas impuestas por lo limitado de las observaciones, indicaría una preparación distinta de la pasta cerámica para elaborar dichos cuencos de pared fina, con respecto a las piezas de pared más ancha, que podría explicarse por la utilización de operaciones de molienda de la arcilla antes de elaborar las piezas (p16, p42, p46 y p59) o la utilización de la arcilla sin preparar (p86) (figura 6).

La misma interpretación es aplicable al conjunto de cerámicas p25, p32, p48, p64, p65, p71, p72 y p85 (figura 7), realizadas con arcilla de una misma procedencia. La granulometría de las muestras p71 y p85 permite constatar que estas arcillas han sido

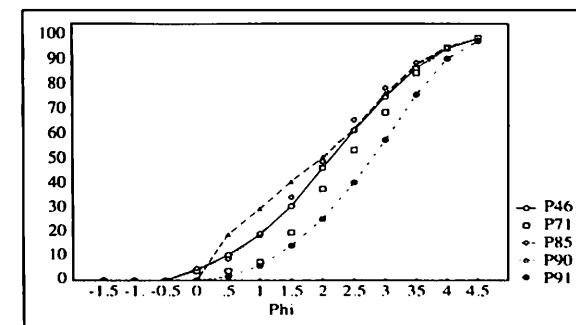


Figura 4.

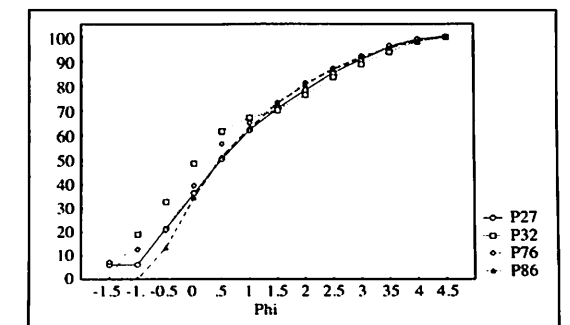


Figura 5.

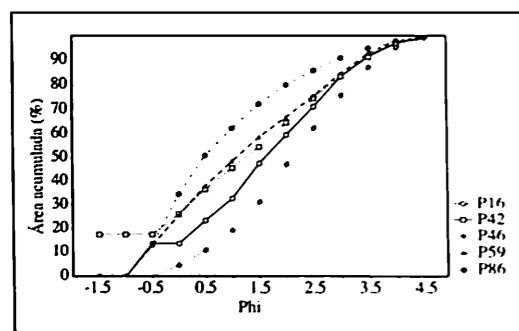


Figura 6.

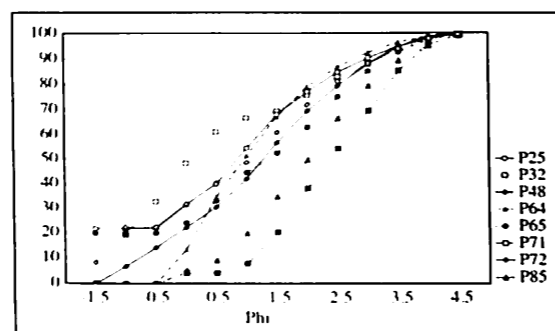


Figura 7.

molidas de una forma mucho más cuidada que las utilizadas en las cerámicas p25, p48, p65 y p72. Por el contrario el cuenco p32 que corresponde a una cerámica del estrato 19 con una pared de una anchura de 10mm presenta una distribución granulométrica bimodal poco cuidada, lo que junto a su situación estratigráfica sugeriría que se trata de una cerámica poco evolucionada en el contexto de la elaboración cerámica de este enterramiento.

La evolución en la granulometría y en la situación estratigráfica de las restantes cerámicas sugiere que el desarrollo de mejoras en la tecnología de preparación de las pastas cerámicas se debió a la probable aplicación de molindas selectivas de la arcilla. Esta interpretación que se sustenta en los datos granulométricos de los dos grupos de cerámicas más importantes encontrados en la tumba nº 3 de la Pijotilla, sugieren que el análisis textural de cerámicas arqueológicas puede representar una contribución interesante a la Arqueometría.

4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto PB94-1450 de la DGICYT.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Pettijhon, F.J., Potter, P.E. y Siever, R., 1987, *Sand and sandstone*, Springer-Verlag.
- [2] Visher G.S., Grain size distribution and depositional processes, *Journal of Sedimentary Petrology* 39 (3), 1074-1106.
- [3] Jonshon M.R., Thin section grain size analysis revisited, *Sedimentology* 41, 985-999.
- [4] Tauber, F., Spurious clusters in granulometric data caused by logratio transformation, *Mathematical Geology* 31 (5), 491-504.
- [5] Chayes, F., 1956, *Petrological modal analysis*, John Willey and Sons Inc., New York.
- [6] Jarai, A., Kózak, M. y Rozsa, P., Comparison of the methods of rock-microscopic grain-size determination and quantitative analysis, *Mathematical Geology* 29 (8), 977-991.
- [7] Fabbri, A.G., *Image Processing of Geological Data*, Van Nostrand Reinhold, New York.

- [8] Fueten, F., A computer-controlled rotating polarizer stage for the petrographic microscope, *Computers & Geosciences* 23 (2) 203-208.
- [9] Polvorinos, A.J. y Gómez Morón, M.A., 1997, Adaptación de un digitalizador de películas fotográficas para el análisis morfométrico de cerámicas arqueológicas. *Caesar Augusta* 73, 153-159.
- [10] Sardini, P., Moreau, E., Sammartino, S. y Touchard, G., Primary mineral connectivity of polyphasic igneous rock by high quality digitisation and 2D image analysis, *Computers & Geosciences* 25 (5) 599-608.
- [11] Goodchild, J.S y Fueten, F., Edge detection in petrographic images using the rotating polarizer stage, *Computers & Geosciences* 24 (8) 745-751.
- [12] Polvorinos, A.J., Gómez Morón, M.A. y Hurtado Pérez, V., 1999, *Análisis morfométrico de cerámicas calcólicas del yacimiento de la Pijotilla (Badajoz)*, IV European Meeting on ancient Ceramics, 250-262.