

Clasificación automática de formas cerámicas completas: un estudio comparativo de diversos métodos multivariantes.

Alberto J. Lorrio Alvarado

Departamento de Prehistoria. Universidad Complutense.
28040 Madrid.

1. Introducción

El presente estudio resume los resultados de aplicar diferentes técnicas de análisis multivariante a un grupo de 36 vasijas de cerámica gris orientalizante (LORRIO, 1988-89) procedente de la necrópolis de Medellín (Badajoz), de las que la gran mayoría, 34 en total, han sido interpretadas como urnas y sólo 2 se han considerado como ungüentarios, dado su pequeño tamaño y la estrechez de su cuello y boca. Se resume inicialmente el contexto cultural y cronológico de la necrópolis, para a continuación abordar la discusión de los diferentes métodos utilizados para la clasificación¹.

2. El contexto cultural y cronológico

La mayor parte de los vasos objeto de este estudio se adscriben a la Fase I de la necrópolis de Medellín² (LORRIO, 1988-89) bien como recipientes cinerarios (1-6, 8, 10-15, 18-24, 26, 28 y 30) o como ofrendas (7, 9, 25, 29, 31, 32 y 35³), en tumbas individuales, dobles, o incluso triples, indistintamente asociados a hombres o mujeres, aunque también se conozcan enterramientos infantiles.

La asociación, en diferentes conjuntos, de urnas pertenecientes normalmente a distintos tipos, las escasas evidencias de superposición estratigráfica entre los enterramientos con urnas grises de la Fase I y la poca variabilidad tipológica de los elementos, tanto

¹ Deseo agradecer al Prof. Dr. Víctor M. Fernández Martínez su colaboración en la realización de los diferentes análisis informáticos así como sus comentarios a este trabajo.

² La necrópolis de Medellín, cuya excavación se llevó a cabo en sendas campañas en 1969-1970 (ALMAGRO 1977), ha sido objeto de sucesivos trabajos de campo durante los años 1982, 1985 y 1986. La gran cantidad de superposiciones entre los dos principales tipos de estructuras documentados en la necrópolis, los enterramientos en urna y los *busta*, y la imposibilidad de correlacionar unos con otros, ha llevado a modificar la interpretación dada inicialmente (ALMAGRO 1977: 378-82), viniendo a considerar la existencia, de forma clara, de un cambio en el ritual funerario (LORRIO, 1988-89). Así, mientras en la fase inicial se asiste a la deposición en el interior de una urna cineraria de los restos del cadáver, cremados en algún lugar indeterminado, en la Fase II la cremación del cadáver, junto con las ofrendas, se realiza dentro de una fosa de grandes dimensiones preparada al efecto, el *bustum*, que constituye el tipo de enterramiento característico de este segundo momento.

³ El vaso núm. 35, un alabastrón cerámico, apareció en uno de los pocos conjuntos documentados en los que un plato hacía las veces de recipiente cinerario.

cerámicos como metálicos, que aparecen formando parte de los ajuares, no permiten hacer una ordenación de tipo cronológico de este conjunto cerámico⁴, claramente caracterizado por su homogeneidad.

En el interior de los enterramientos característicos de la Fase II, los *busta*, se depositaron una serie de vasos de ofrenda, generalmente platos grises y de barniz rojo, aunque también se hayan documentado algunas piezas interpretadas como posibles ungüentarios, núm. 36, o morfológicamente emparentadas con las urnas (núms. 16 y 33), si bien, en general, de dimensiones menores que las de la mayoría de la fase inicial. A esta Fase II cabría remitir también la pieza 27, claramente diferenciada en lo que al acabado se refiere, que pondría de manifiesto la continuidad del enterramiento en urna hasta los momentos finales de la necrópolis, hecho éste que ya había sido constatado (ALMAGRO, 1977: fig. 156,17-1), aunque en relación con una urna de tipología diferente.

Además de estas piezas, se han incluido otras dos aparecidas fuera de contexto: la núm. 17, una urna posiblemente adscribible a la Fase inicial, y la 34, tal vez perteneciente a la Fase II, dadas las características de su hallazgo. Solamente una urna gris de las encontradas en conjuntos cerrados no ha podido ser incluida en este estudio, al no haberse documentado su forma completa. A ella habría que añadir otra también incompleta, aunque sin contexto (ALMAGRO, 1977: fig. 147,1).

El comportamiento de las urnas y de los restantes productos grises en ambos momentos varía de forma clara, fundamentalmente debido a las modificaciones tipológicas impuestas por el cambio de ritual. Así, las urnas pasan de constituir en la Fase I el 40,51% de la cerámica gris, a tan sólo el 3% en la Fase II, en beneficio de los platos que del 49,37% de la fase inicial pasan a representar casi el 94% del total de la cerámica gris. Los ungüentarios únicamente suponen el 1,26 y el 0,91%, respectivamente. Las urnas

grises, relacionadas en su gran mayoría, como ya se ha indicado, con el tipo de enterramiento de urna en hoyo, aparecen en el 42,4% del total de los mismos, siendo junto con las oxidantes de tipo «Cruz del Negro», que se encuentran en el 52,5% de ellos, las que gozaron de una mayor popularidad dentro de la Fase I.

3. Tipología

Se realizó (LORRIO, 1988-89) un intento de clasificación de las urnas grises a partir de la observación de una serie de atributos, tanto cualitativos como cuantitativos. De este modo, las diferencias entre los distintos tipos y/o subtipos se definieron por las variaciones observadas en la dirección, forma y longitud relativa de los bordes, por la existencia de cuellos estrangulados o, en el caso opuesto, de piezas con el mismo diámetro de cuello y boca. También se tuvo en cuenta el tamaño de los vasos y, generalmente para la diferenciación de subtipos, la presencia de una serie de elementos de carácter decorativo o funcional, como asas y aristas o pequeñas molduras situadas junto al cuello, mientras que otros atributos, como la decoración, dada su poca representatividad, no fueron tomados en consideración. Por otro lado, los pies, en general poco marcados o incluso inexistentes, no se consideraron como un atributo significativo, aun cuando los más desarrollados, de diferentes formas y presentes en un número reducido de piezas, pudieran interpretarse como un índice de modernidad.

No obstante la aparente variabilidad que se desprende de su clasificación tipológica, este conjunto cerámico, que debe de ser considerado como de producción local, presenta una gran homogeneidad desde el punto de vista morfológico, puesto que la gran mayoría de las urnas responden a dos modelos básicos, los tipos 1 y 2, que suponen en torno al 64% del total de las urnas grises documentadas. Presentan, en general, pastas bien decantadas y un fino acabado, espatulado o incluso bruñido, aunque también se conozcan piezas alisadas, siendo la atmósfera de cocción utilizada la reductora. Este proceso de reducción será el responsable de la característica coloración grisácea de estas piezas. Normalmente no tienen decoración, si bien existen ejemplares (núms. 26, 27, 33 y 34) con acanaladuras localizadas en la zona superior de la panza. Mención especial merece otra pieza, la núm. 13, que ofrecía grafitos a modo de decoración de motivos incisos después de la cocción.

⁴ Cronológicamente cabe situar la Fase I, y por lo tanto las urnas y demás productos grises a ella adscritos, entre la segunda mitad del siglo VII, posiblemente en el último tercio, y el inicio del segundo cuarto del VI a. C., momento en el que se produciría el cambio de ritual mencionado, vinculable ya a la Fase II, cuyo final se sitúa a lo largo de la primera mitad del siglo V a. C. La necrópolis ha sido fechada a partir de la presencia de una serie de elementos de cultura material, tales como fibulas de doble resorte o anulares hispánicas, y de cerámica fina de importación, así como por la datación radiocarbónica de algunas de sus tumbas (ALMAGRO 1977: 391 y 413).

A partir de los atributos señalados inicialmente, se diferenciaron los siguientes tipos (fig. 1):

TIPO 1 (1-17): Es el mejor representado. Sus perfiles varían desde ejemplares con la parte inferior de la panza de forma subtruncocónica y la superior y media convexa hasta los globulares u ovoides. Presentan un cuello corto estrangulado y el borde saliente. Las bases son planas o ligeramente rehundidas, y los pies, de forma general, están indicados, habiéndose documentado la presencia de alguno de tipo anular (núm. 13). Se diferenciaron dos variantes a partir de la forma del borde, ya recto, *subtipo 1A* (1-4), ya cóncavo, *subtipo 1B* (5-17).

TIPO 2 (18-23): Urnas globulares de cuello recto o ligeramente cóncavo, saliente, y borde exvasado, pies indicados y bases planas o levemente rehundidas.

TIPO 3 (24-27): Urnas globulares u ovoides de corto borde recto saliente y base rehundida. Morfológicamente se relaciona con el tipo 1A, pero

se diferencia de éste por ostentar un borde de menor longitud así como por su mayor diámetro relativo tanto de cuello como de boca.

Se han diferenciado dos subtipos a partir, sobre todo, de la presencia en uno de ellos, *subtipo 3A* (24-25), de sendas asas enfrentadas de sección subcircular. Las urnas adscritas al *subtipo 3B* (26-27) ofrecen un perfil más globular que las de la variante anterior y carecen de asas, estando decoradas con cinco acanalados ocupando la zona superior de la panza.

TIPO 4 (28-29): Urnas de pequeño borde recto de dirección vertical, baquetón o arista situada entre el cuello y el hombro y cuerpo ovoide o troncocónico-convexo. Por lo que se refiere a sus bases, las dos piezas documentadas presentan características diferentes: la núm. 28 tiene una base levemente rehundida y el pie muy ligeramente indicado, y la 29, aunque fracturada en su base, evidencia la existencia de un pie notablemente marcado.

TIPO 5 (30): Urna globular de cuello recto de

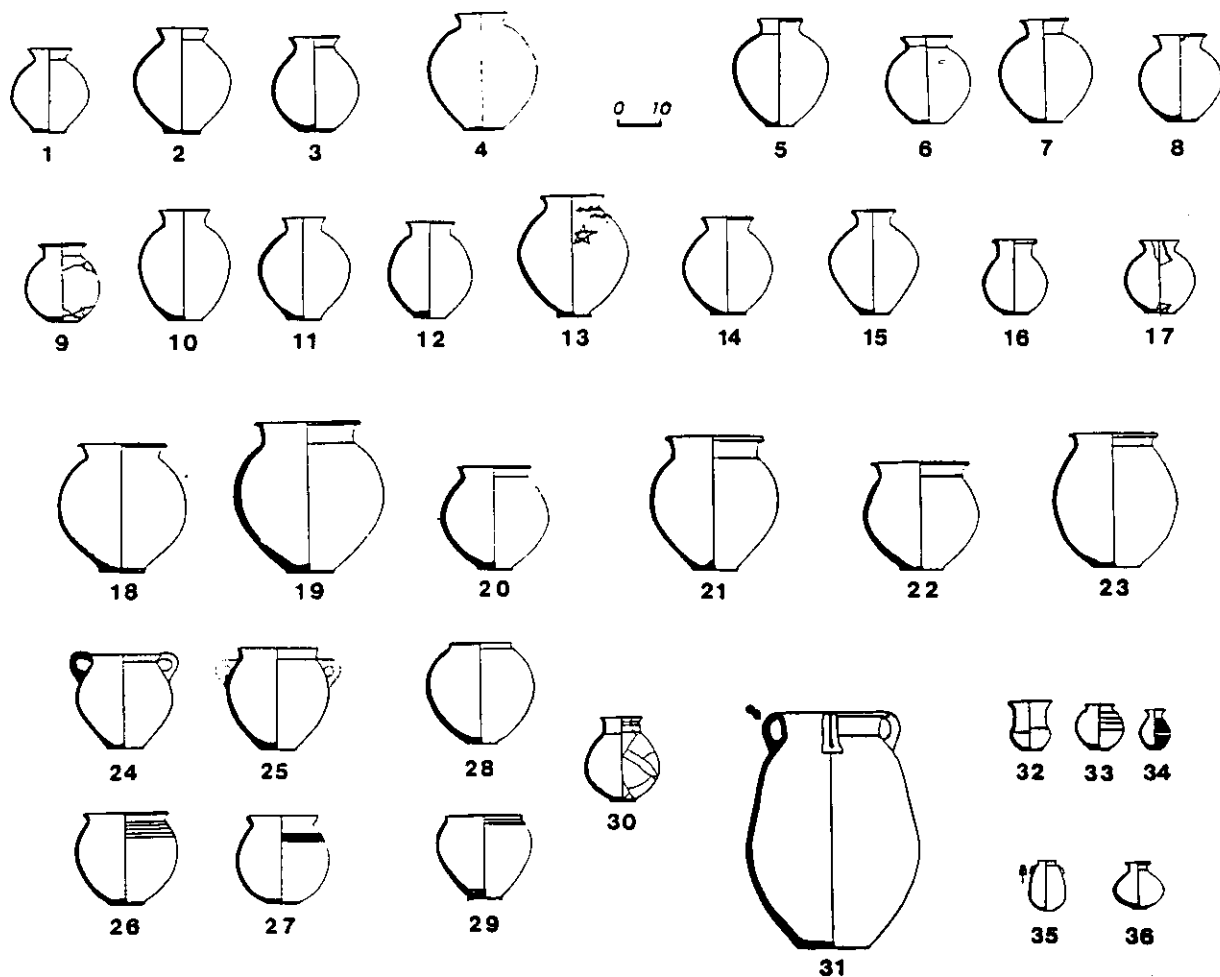


Fig. 1.—Urnas y ungüentarios de la cerámica gris orientalizante de la necrópolis de Medellín (1-17, tipo 1; 18-23, tipo 2; 24-27, tipo 3; 28-29, tipo 4; 30, tipo 5; 31, tipo 6; 32-34, tipo 7; 35-36, ungüentarios).

dirección ligeramente entrante. Presenta una arista, que marca un leve cambio de dirección, en su mitad superior. El borde es exvasado y ofrece un pie claramente diferenciado y la base plana. Solamente se ha recogido un ejemplar adscribible a este tipo.

TIPO 6 (31): Gran vaso cerámico de borde exvasado, cuello ligeramente cóncavo y hombro marcado. Ostenta cuatro asas geminadas, enfrentadas dos a dos, situadas entre el borde y el hombro. El cuerpo presenta una forma bitroncocónica que ocupa las tres cuartas partes inferiores del vaso, al que habría que añadir otro tramo más de paredes entrantes rectas correspondientes al hombro, zona en la que se asentarían las asas. La base es plana. Se ha documentado tan sólo una de estas piezas.

TIPO 7 (32-34): Grupo vario que incluye las urnas de pequeño tamaño. Se han encontrado tres de estos ejemplares de dimensiones reducidas, que responden a otras tantas formas diferentes:

Subtipo 7A (32): Urnita calciforme, con perfil convexo-cóncavo, pie indicado y base plana.

Subtipo 7B (33): Urnita globular, de pequeño borde exvasado, pie indicado y base rehundida. Presenta tres anchas acanaladuras en su mitad superior.

Subtipo 7C (34): Urnita ovoide de borde exvasado, cuello estrecho y base plana. Está literalmente cubierta de finas líneas acanaladas que ocupan desde el cuello hasta la base, dejando libre una banda estrecha en la zona de diámetro máximo.

Además de las urnas, también se han incluido para su estudio conjunto otros dos vasos cerámicos interpretados como unguentarios, cuya funcionalidad sería seguramente la de contener perfumes u otros líquidos de carácter ritual, lo que se evidenciaría por su pequeño tamaño y por la estrechez de su cuello y boca. Se han diferenciado dos tipos claramente vinculados con las urnas del tipo 7 en lo que a sus reducidas dimensiones se refiere, a pesar de las evidentes diferencias morfológicas de todos ellos.

TIPO 1: Alabastrón (35): Esta forma debe de ser considerada como imitación de modelos realizados en alabastro, de tradición egipcia, traídos por los fenicios. Presenta los característicos elementos de sustentación presentes en este tipo de piezas.

TIPO 2 (36): Se ha incluido en este segundo grupo una botellita ovoide de cuello estrecho, borde exvasado, pie indicado y base ligeramente rehundida.

4. Clasificación automática

A partir de esta tipología de carácter intuitivo, se planteó su contrastación con diversos métodos multivariantes, intentando individualizar aquél o aquéllos que resultaran más apropiados. Se seleccionaron inicialmente, para la realización de los diferentes análisis, un total de 7 variables cuantitativas

correspondientes a aquellas dimensiones que han sido consideradas significativas (figs. 2 y 3), y que son: los diámetros de boca (A); de cuello, en su zona de arranque (B); de base (C); y el diámetro máximo (D); la altura total (E); la de cuello (F), medida desde la boca; y la del punto donde se ha localizado el mayor diámetro de la pieza (G), medida desde la base, que está situado en todas las ocasiones en el tercio intermedio del vaso.

Posteriormente se añadieron dos nuevas variables (figs. 2 y 3): un segundo diámetro de cuello (H), tomado en el punto medio entre el arranque de éste y la parte superior del vaso, medido desde la boca; y la altura de pie (I), si lo hubiera, que fue medida desde la base. La inclusión de la primera variable (H), como se comentará más adelante, pretendía introducir apreciaciones cualitativas en el análisis numérico.

Se han aplicado varios métodos de análisis de conglomerados («cluster») jerárquicos aglomerativos (enlace medio, enlace completo, de Ward, del centroide y de la mediana), con distintos tipos de medidas de la distancia, euclídea o euclídea al cuadrado; otros métodos no jerárquicos (K-medias) y,

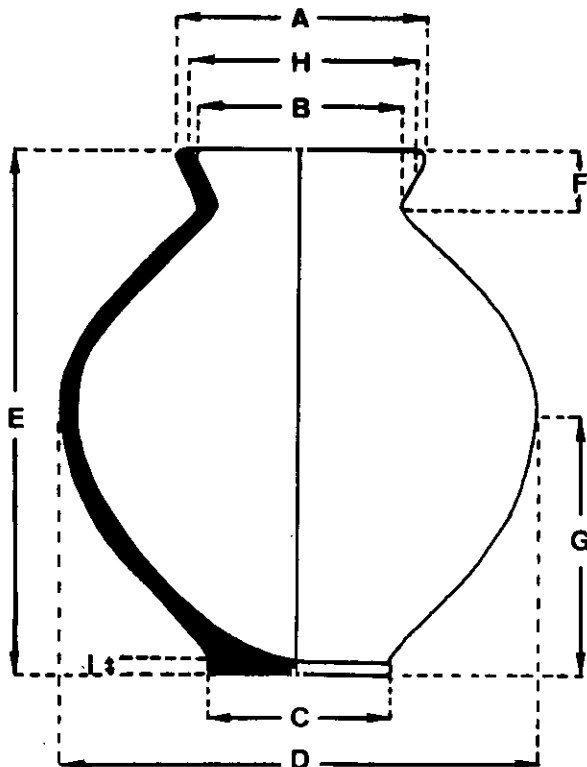


Fig. 2.—Esquema de una urna con las dimensiones seleccionadas para su clasificación automática.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	10.2	7.2	7.5	18.3	20.2	2.7	9.0	8.1	0.0
2	11.7	9.6	8.4	22.5	24.6	2.7	12.4	10.9	0.7
3	12.3	9.4	7.8	21.3	22.8	2.4	10.5	10.7	0.4
4	12.0	10.6	9.0	25.3	26.2	2.8	13.5	10.7	0.5
5	10.8	9.3	6.7	22.3	25.0	3.1	14.1	9.3	0.3
6	11.7	9.3	7.5	19.3	19.5	2.5	8.5	9.9	0.0
7	11.1	8.2	7.2	21.5	23.2	3.4	11.1	8.6	0.0
8	11.7	9.0	6.6	18.6	19.5	3.1	9.0	9.6	0.2
9	10.5	8.2	6.4	16.5	17.3	2.7	7.2	8.3	0.1
10	11.4	9.6	7.5	20.2	24.7	3.3	12.3	9.6	0.0
11	9.7	7.9	7.5	20.5	22.8	3.0	11.1	8.2	0.0
12	11.1	9.3	6.9	19.0	21.7	3.0	9.4	9.2	0.0
13	15.0	13.1	8.0	26.0	27.9	3.1	15.0	12.9	1.1
14	11.9	9.4	8.1	20.4	22.0	2.9	10.5	10.3	0.5
15	10.6	7.9	6.6	21.2	24.5	3.1	12.8	8.5	0.0
16	10.8	8.4	5.7	15.9	17.7	3.4	7.5	8.6	0.3
17	9.5	7.5	7.5	17.4	17.2	2.4	7.2	8.1	0.3
18	20.1	16.5	10.2	28.5	29.5	3.0	14.7	17.1	0.7
19	23.4	20.4	10.2	33.3	34.2	4.9	17.4	20.1	0.4
20	17.5	15.9	7.8	26.2	24.6	2.5	12.3	16.2	0.0
21	22.5	19.5	9.9	29.1	31.2	5.1	16.5	19.5	0.6
22	22.0	18.4	9.9	26.0	23.9	3.2	12.3	19.2	0.8
23	19.9	17.6	10.0	28.0	30.0	2.9	14.0	17.8	0.0
24	17.4	15.3	8.7	22.8	22.6	1.8	11.7	15.9	0.0
25	17.7	17.0	7.8	22.5	22.8	2.4	12.7	17.3	0.0
26	19.3	17.7	8.0	23.3	21.4	2.0	11.5	18.2	0.4
27	15.4	14.1	7.1	20.8	19.9	2.1	9.6	15.4	0.3
28	14.7	14.7	7.2	25.9	23.7	1.0	13.5	14.7	0.0
29	17.7	17.7	7.8	21.9	18.9	0.9	12.6	17.7	0.5
30	9.7	9.0	6.1	17.4	19.7	3.4	7.4	8.5	0.4
31	27.6	22.5	15.9	41.1	54.6	5.4	22.8	23.1	0.0
32	11.4	9.2	5.0	10.6	12.3	6.8	3.9	8.4	0.2
33	7.2	6.3	5.0	12.2	11.4	1.0	5.0	6.7	0.2
34	4.9	3.4	2.6	7.8	10.1	1.5	4.1	4.1	0.0
35	4.3	4.0	2.8	8.5	11.5	0.6	3.6	4.1	0.0
36	5.6	4.0	3.3	11.2	10.8	1.8	4.2	4.2	0.4

Fig. 3.—Tabla con las dimensiones, en cms., de las urnas y ungüentarios de la cerámica gris de Medellín.

finalmente, sistemas de análisis de variables (Componentes Principales). Los programas empleados han sido los incluidos en el paquete SPSS/PC (*Statistical Package for the Social Sciences*).

4.1. Métodos de casos

De forma general, todos los métodos de conglomerados aplicados, jerárquicos o no, ofrecen unas agrupaciones que responden la mayoría de las veces a los tipos observados a partir de la valoración de los

atributos cualitativos, aunque, obviamente, con algunas variaciones entre ellos dignas de ser señaladas (fig. 4).

Los diferentes métodos de conglomerados jerárquicos aplicados (figs. 4-7) agrupan a casi todas las urnas del tipo 1, aunque diferenciando normalmente la núm. 13 y la 4, que corresponden a las piezas de mayores dimensiones del mencionado tipo. Todos los métodos asocian la núm. 30, forma 5, con las urnas del tipo 1, de proporciones semejantes a éstas, aunque la forma del cuello-borde y la del pie indicado la sitúan claramente al margen de las mismas. Por

V A S I J A S	MÉTODOS JERÁRQUICOS																			K-MEDIAS						T I P O S		
	7 VARIABLES									9 VARIABLES										7 VARIABLES			9 VARIABLES					
	D. EUCLÍDEA					D. EUCLÍDEA ²				D. EUCLÍDEA					D. EUCLÍDEA ²					6	7	8	6	7	8			
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	gru- pos	gru- pos	gru- pos	gru- pos	gru- pos		gru- pos	
4	-	1/3-4	3-4	3-4	-	-	1/3-4	3-4	3-4	3-4	1/3-4	3-4	-	3-4	1/3-4	1/3-4	1/3-4	-	2/3-4	1/3-4	-	-	2	-	-	-	1	
13	-	1/3-4	3-4	3-4	1/3-4	-	1/3-4	3-4	3-4	3-4	1/3-4	3-4	3-4	3-4	1/3-4	1/3-4	1/3-4	3-4	2/3-4	1/3-4	3-4	-	2	3-4	-	-	1	
20	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	-	2
22	-	-	-	3-4	-	-	-	-	-	3-4	-	-	-	3-4	-	-	-	-	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	-	2
24	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3
25	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3
26	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3
27	3-4	3-4	3-4	3-4	1/3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3
28	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	1	2	3-4	3-4	3-4	4
29	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	4
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	

Fig. 4.—Comparación entre los diferentes métodos de análisis de conglomerados aplicados, según variables y tipo de la medida de la distancia utilizada, haciendo referencia únicamente a aquellas vasijas que no se agrupan de acuerdo con la tipología inicial propuesta. A: enlace completo; B: enlace medio; C: método de Ward; D: del centroide y E: de la mediana.

otro lado se agrupan las urnas de los tipos 3 y 4, sin que ninguno de los métodos de conglomerados puestos en práctica diferencie un tipo de otro, incluyendo en todos los casos la pieza núm. 20, un ejemplar de clara vinculación morfológica con el tipo 2 pero cuyas dimensiones generales y la pequeña longitud de su borde la relacionarían con los tipos citados, y normalmente también las 13 y 4, siendo más excepcional, y circunscrito a una serie de métodos, el caso de la urna 22. Otro grupo corresponde a las piezas del tipo 2 que, generalmente, y con la excepción de la urna 20, la más pequeña de todas, y en menor medida la 22, relacionable en cuanto a sus dimensiones con la pieza anterior, asocia la mayoría de las urnas adscritas a este tipo. También se agrupan las piezas de pequeño tamaño, que incluyen tanto a las urnas del tipo 7 como a los ungüentarios, aunque diferenciando la núm. 32, forma 7A, morfológicamente muy alejada de las demás urnas del tipo 7. Por último aparece la urna 31, cuyo tamaño y características formales hacen de ella una pieza claramente diferenciada.

Por lo que respecta a la medida de la distancia utilizada puede decirse que los métodos aplicados con distancia tanto euclídea como euclídea al cuadrado presentan unas agrupaciones semejantes, si bien, mientras los primeros ponen de manifiesto una serie de niveles de agrupamiento iniciales (fig. 6A), con dos o a lo sumo tres vasos, previos a los que representarían a los tipos propuestos, los métodos con distancia euclídea al cuadrado agrupan prácticamente desde el principio los individuos considerados como pertenecientes al mismo tipo (figs. 5, 6B y 7). Así, aunque ambas medidas de la distancia coincidan en sus agrupamientos equivalentes a los tipos, los métodos con distancia euclídea permiten acceder a un nivel menor de agrupamiento que pudiera ser de utilidad al intentar establecer subdivisiones internas, tales como subtipos o variantes, aun cuando en el caso objeto de estudio esto no haya resultado muy útil, ya que los diferentes subtipos habían sido definidos a partir de atributos puramente cualitativos, como es la presencia de asas o la forma del borde.

A pesar de la coincidencia en los agrupamientos con independencia del tipo de medida utilizado, algunos métodos, como el de la mediana y, en menor medida, el de enlace medio y el del centroide, evidencian pequeñas modificaciones, que afectan sobre todo a las urnas 4, 13 y 22 (fig. 4).

La selección de las dos nuevas variables (H e I) no supuso una modificación sustancial de los resultados

obtenidos, aunque afecta a los «cluster» iniciales en aquéllos que utilizan distancia euclídea. La altura del pie (I) no había sido seleccionada en un primer momento debido a no ser un atributo que a priori pareciera significativo, pues la mayor parte de las urnas carecen de él o lo tienen muy levemente indicado y solamente algún ejemplar, como es el caso de la urna 13, lo tiene desarrollado con claridad. La otra variable, correspondiente a un segundo diámetro del cuello (H), medido en el punto medio entre su arranque y la parte superior del vaso, se introdujo con el objeto de intentar potenciar un atributo cualitativo, como es la forma y dirección de la zona correspondiente al borde y cuello, pretendiendo dar personalidad propia tanto a la urna 30, que, como se verá a continuación, es agrupada por todos los métodos de conglomerados utilizados, incluso con 9 variables, con las del tipo 1, como a las urnas de los tipos 3 y 4, aunque ninguno de los análisis de conglomerados aplicados ha permitido individualizar ambos tipos.

La urna 30 ofrece un cuello troncocónico entrante y borde exvasado, por lo que la relación entre las variables A y B sería la misma que la que ostentan las urnas del tipo 1, de cuello y borde salientes, esto es: $A > B$. Sin embargo, al introducir una medida intermedia, la urna 30 sería la única, con la excepción de la 32, que al tener su cuello de dirección entrante, ofrecería la relación $A > H < B$, frente a las urnas del tipo 1, en las que $A > H > B$.

Algo similar ocurre con las urnas de los tipos 3 y 4, siempre agrupadas, a pesar de que las piezas adscritas al tipo 3 ofrecen los bordes de dirección saliente ($A > H > B$) frente a los del tipo 4, verticales ($A = H = B$). La causa de este agrupamiento debe buscarse posiblemente en que por tratarse de cuellos cortos, esto es, con una altura relativa del cuello muy pequeña, las diferencias son mínimas, aun cuando las urnas del tipo 3 ostenten bordes más desarrollados que las del 4.

Según lo señalado, en lo que respecta a los métodos de conglomerados, la inclusión de estas dos nuevas variables no ha modificado de forma significativa sus resultados, no siendo, pues, todo lo positiva que hubiera sido deseable.

El tamaño de los vasos analizados resulta de gran interés, por lo que no conviene eliminar su efecto «normalizándolos» al dividir todas las dimensiones por la altura total. Esto, que se llevó a cabo en los diferentes métodos de conglomerados, no proporcionó ningún resultado de interés, ya que, aunque mantenía los grupos comentados, el número de piezas desagrupadas era más elevado, llegando como caso

extremo a asociar la gran urna núm. 31 con el alabastrón (35).

De todos los métodos de conglomerados jerárquicos aplicados, tres han sido los que pueden considerarse, a partir de los resultados obtenidos, como más recomendables: los de enlace medio, enlace completo y de Ward (figs. 4-6). De ellos, tan sólo el del enlace medio se ha visto afectado por el tipo de medida de la distancia utilizada, aunque únicamente al añadir las dos nuevas variables.

Los resultados más satisfactorios, al desagrupar el menor número de urnas, se obtuvieron con el método de Ward con 9 variables seleccionadas, no observándose variaciones por el tipo de medida de la distancia aplicada (fig. 6). El método de enlace medio, con 7 variables y cualquiera de los dos tipos de medida de disimilaridad empleada, o con 9 variables y distancia euclídea al cuadrado (fig. 5B), y el de enlace completo con 9 variables (fig. 5A), proporcionaron también buenos resultados, aun cuando a las urnas ya desagrupadas por el método de Ward, las 13, 20 y 30, añadan la núm. 4. El método de enlace completo, tomando 7 variables, agrupa las urnas 4 y 13 con las del tipo 1, que se encuentran subdivididas en sendos agrupamientos; sin embargo, al intentar reagruparlas en un solo conjunto, las une además con las de los tipos 3 y 4, lo que hace que no sea recomendable su uso en este caso.

Por el contrario, los métodos del centroide y de la mediana (figs. 4 y 7) son los que desagrupan el mayor número de individuos, tanto respecto a la tipología tradicional como a los restantes métodos jerárquicos. Además, son los métodos más afectados, sobre todo el de la mediana, por el tipo de medida de la distancia aplicada, euclídea o euclídea al cuadrado.

Como ya se ha señalado, se aplicó también el método no jerárquico de K-medias, solicitándose de 6 a 8 grupos (fig. 4), no habiéndose observado apenas diferencias significativas con 6 y 7 grupos según las variables introducidas. Al solicitar 6 grupos, las urnas del tipo 1 aparecen agrupadas, salvo la 13 que se incluye junto con las de los tipos 3 y 4, igual que ocurre con las urnas 20 y 22, del tipo 2. La pieza núm. 30 sigue estando asociada al tipo 1, mientras que la 32, forma 7A, aparece claramente individualizada. Al solicitar un grupo más, las urnas del tipo 1 se dividen en dos conjuntos, incluyendo ya la 13, y, en el análisis realizado con 7 variables, la urna 28 se incluye excepcionalmente con las urnas del tipo 1. Con 8 grupos solicitados, las diferencias en función de las variables utilizadas son mayores, pues mientras que con 7 variables el número de piezas

desagrupadas hace desaconsejable esta elección, con 9 (fig. 8C) los resultados son más satisfactorios, a pesar de que las urnas del tipo 1 —que incluyen además de las urnas 4 y 13, la 30— y las del tipo 2, incluidas la 20 y la 22, aparezcan subdivididas, respectivamente, en dos grupos.

4.2. Métodos de variables

Además de la utilización de los diferentes métodos de conglomerados, se ha llevado a cabo un Análisis de Componentes Principales (A.C.P.)⁵ aplicado a los 36 vasos ya descritos, definidos primero por 7 y después por 9 variables numéricas, cuyos resultados se exponen en los diagramas de dispersión de la figura 8. La inclusión de las dos últimas variables, a diferencia de lo observado en los distintos análisis de conglomerados efectuados, sí ha afectado de forma significativa a los resultados.

Al introducir un segundo diámetro de cuello (H) se potenció una variable cualitativa como es la forma del mismo, fundamental para definir algunos tipos. Por otro lado, la altura del pie (I), que contribuyó especialmente a la modificación del porcentaje de la varianza entre el segundo y el tercer C.P., alcanza un protagonismo a todas luces excesivo. Aunque el recorrido de esta variable es muy pequeño, apenas 11 mms., y también lo son en términos absolutos los valores que la misma toma en cada caso, al ser casi la mitad de los mismos cero, se produce una variabilidad (varianza) demasiado grande (cualquier número comparado con cero es infinitamente grande) que afecta al segundo C.P. de una forma que no corresponde a la importancia real de ese elemento en la clasificación de las vasijas.

Al aplicar el A.C.P. a los vasos representados con las 7 variables seleccionadas previamente (fig. 8A), se observa cómo el primer C.P. está referido al tamaño de los vasos, ya que valora por igual todas las dimensiones, excepto quizás la altura del cuello (F). El segundo C.P., por el contrario, valora en especial esta última variable (F), que ostenta el valor positivo más alto en el vector propio, frente a los diámetros de cuello (B), de panza (D) y de boca (A) y a la altura de panza (G), que ofrecen los coeficientes menores, ya negativos. El tercer C.P., de mucho menor interés, puede interpretarse como la relación entre los diámetros de boca (A) y cuello (B) y las alturas total (E) y

⁵ Programa ACP de Foucart (1982: 90-103), adaptado a PC compatible por Víctor M. Fernández.

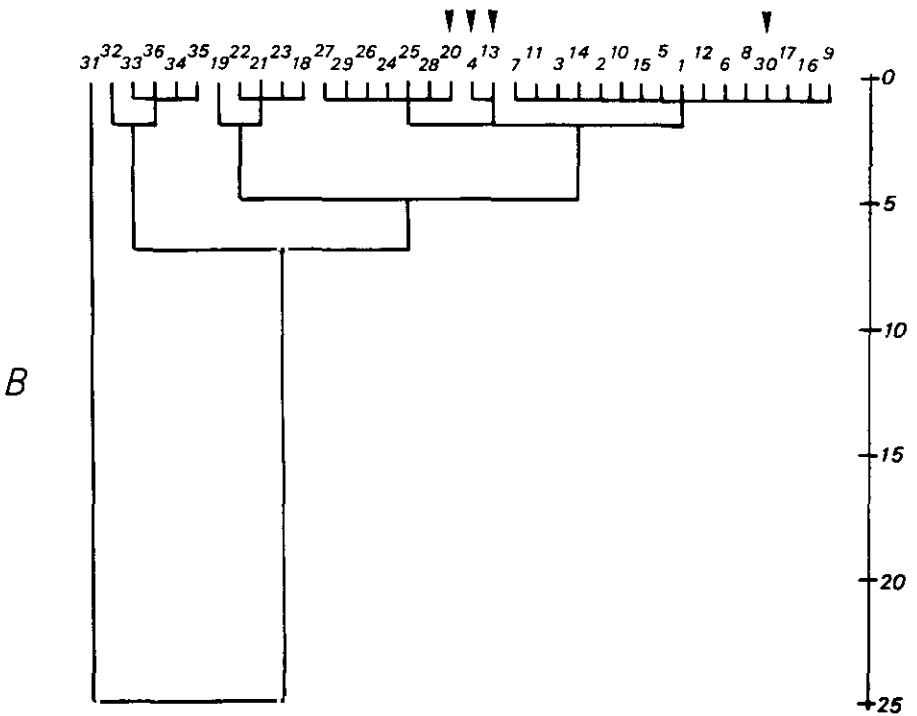
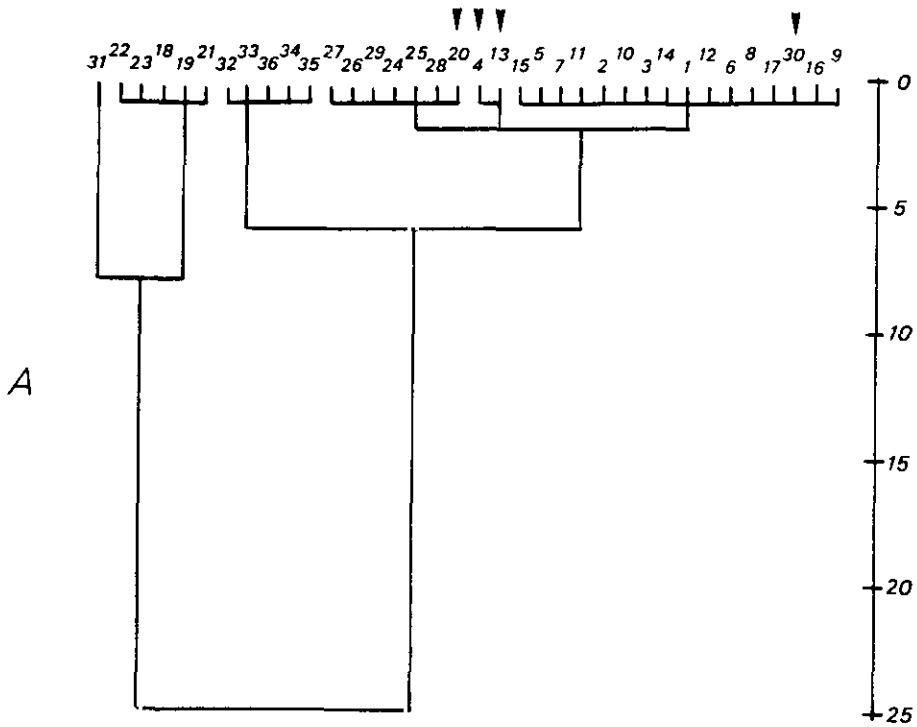


Fig. 5.—Dendrogramas de los análisis de conglomerados, con 9 variables de las urnas y ungüentarios grises de Medellín, con distancia euclídea al cuadrado, según los métodos de enlace completo (A) y de enlace medio (B). Las flechas indican las vasijas «mal clasificadas» según la tipología inicial.

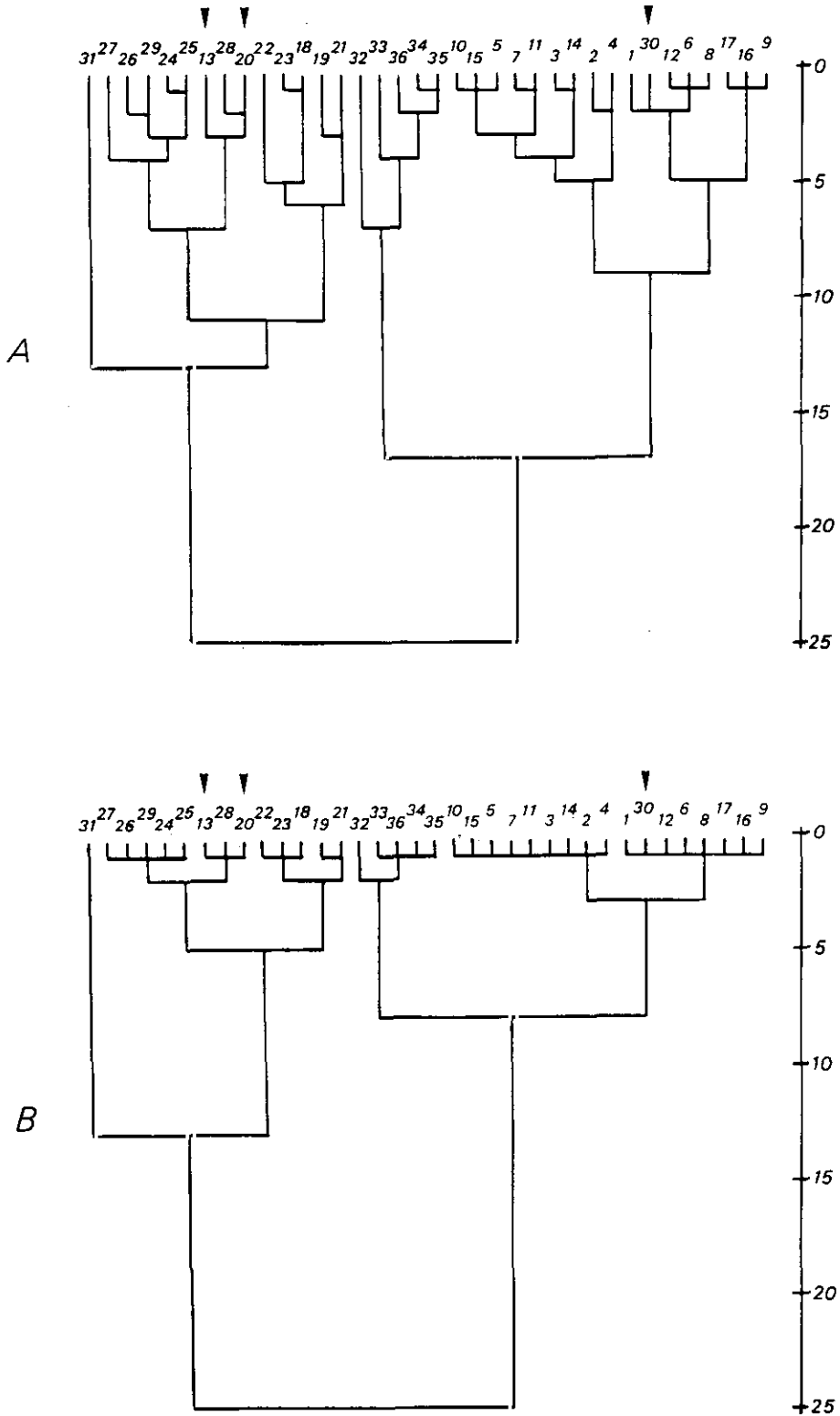


Fig. 6.—Dendrogramas de los «cluster», con 9 variables, de 36 vasos grises de Medellín, según el método de Ward, con distancias euclídea (A) y euclídea al cuadrado (B). Las flechas indican las vasijas «mal clasificadas» según la tipología inicial.

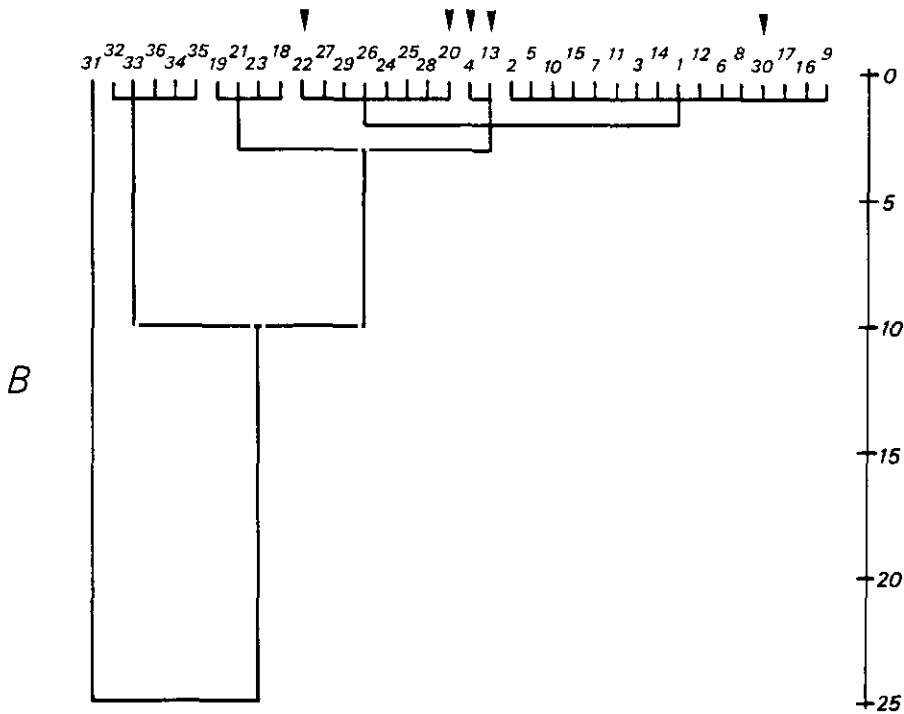
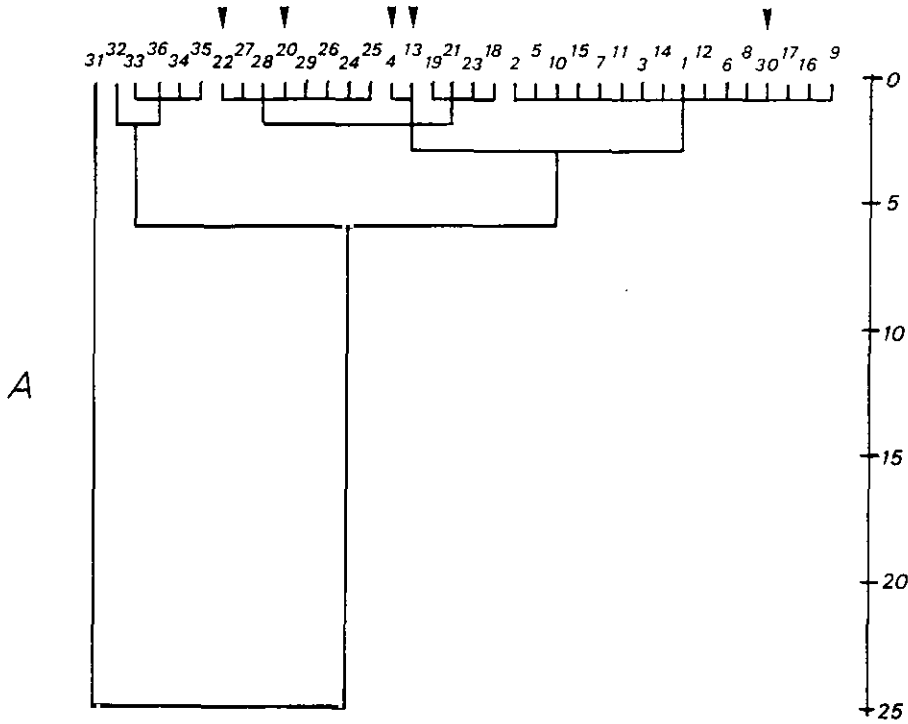


Fig. 7.—Dendrogramas de los análisis de conglomerados, con 9 variables, de 36 vasos de cerámica gris de Medellín, siguiendo los métodos del centroide (A) y de la mediana (B). Las flechas indican las vasijas «mal clasificadas» según la tipología inicial.

de panza (G). El factor tamaño, identificado en el primer C.P., es el más importante (79,1% de la varianza), como suele ser habitual (CUADRAS, 1981: 227). A continuación se situarían los otros dos C.P. con una proporción de varianza del 12,1 y 6,1%, respectivamente.

Al introducir las variables H e I los resultados, como ya se indicó, se vieron modificados. De igual modo que en el caso anterior, el primer C.P., el más importante (72,2%), se identifica con el tamaño global de los vasos, aunque con menor incidencia de las alturas de cuello (F) y pie (I). El segundo C.P. se vincula con la relación entre la altura del pie (I) -cuya importancia real es mínima, como se vió- y las alturas total (E) y de cuello (F). El tercer C.P. resulta en esta ocasión de mucho mayor interés, ya que sus coeficientes positivos más altos corresponden a los dos diámetros de cuello (H y B) y al de boca (A), en tanto que el coeficiente negativo mayor corresponde a la altura del cuello (F), relacionando, pues, los diferentes diámetros de la zona correspondiente al cuello y al borde con la altura de esta zona. Dado que los porcentajes de varianza del segundo y tercer C.P., 10,8 y 9,8%, respectivamente, son semejantes y que el tercer C.P. hace especial hincapié en las variables referidas a la zona del cuello-borde, determinantes a la hora de definir algunos tipos, se ha optado por la selección de este último, no obstante lo cual se han representado gráficamente ambos C.P., junto con el primero, en dos diagramas de dispersión diferentes (fig. 8B y C).

La inclusión de las dos nuevas variables, al relacionar los C.P. primero y tercero (fig. 8C), contribuyó a diferenciar, de forma más clara si cabe, las urnas de los tipos 1 y 3; asimismo permitió vincular, como se había hecho en la tipología tradicional, el vaso 13 con los restantes de la forma 1.

En general (fig. 8A y C), las piezas del tipo 1 aparecen claramente agrupadas, aunque sin hacer diferenciaciones internas, ya que éstas se apoyan en la forma del borde, variable que no se ha tenido en consideración al realizar estos análisis. Sólo la urna 13 no se agrupa con las restantes del tipo 1, debido a sus dimensiones, que la ponen en relación, en el diagrama de dispersión producto de la aplicación del método sobre 7 variables (fig. 8A), con las urnas del tipo 3, así como con la núm. 20. Igual que sucedía en los distintos métodos de conglomerados aplicados, la urna núm. 30 aparece también relacionada con las del tipo 1, sobre todo con la núm. 16, la única de ellas adscrita a la Fase II, alejándose más del resto de las urnas de este tipo. Otro grupo bien diferenciado corresponde a las urnas del tipo 2, con

una clara ordenación en el espacio según sus dimensiones, relacionándose la núm. 20, como ya ocurriría en los dendrogramas de los análisis de «cluster» aplicados, con las urnas del tipo 3. Dentro de estas últimas, la núm. 27 se aleja de las restantes; esto, más que deberse a la variabilidad morfológica del tipo, puede interpretarse, en este caso, por razones cronológicas, ya que esta urna sería la única de las adscritas al tipo 3 que se vincularía a la Fase II. Destaca la clara disociación de las urnas del tipo 4 de las pertenecientes al 3, frente a lo señalado repetidamente por los diferentes métodos de conglomerados utilizados (fig. 4). De las restantes piezas, sólo insistir en lo señalado al comentar los resultados de los análisis de conglomerados, esto es, la clara agrupación de los ungüentarios con las urnas del tipo 7, a excepción de la núm. 32, y la neta diferenciación de la núm. 31.

5. Conclusiones

Se han utilizado para la clasificación automática de 36 vasos cerámicos de la necrópolis de Medellín diferentes sistemas de conglomerados jerárquicos aglomerativos, otros no jerárquicos y métodos de análisis de variables, pretendiendo comparar sus resultados entre sí y con los tipos definidos previamente de forma intuitiva.

Los procedimientos aglomerativos jerárquicos que han sido aplicados, cuya selección estuvo determinada por las disponibilidades del programa manejado, coinciden, de forma general, con los más comúnmente utilizados (HAIR, ANDERSON y TATHAN, 1987: 303-4), pudiéndose establecer sus diferencias por la forma en que se computa la distancia entre los diversos grupos.

Partiendo de la base de que al aplicar distintos métodos de conglomerados los resultados serán diferentes (HODSON, 1970: 302; ALDENDERFER, 1982: 61), de los cinco métodos empleados: enlace medio, enlace completo, de Ward, del centroide y de la mediana, los dos últimos pueden considerarse como los menos recomendables, siendo los que desagrupan un mayor número de vasos tanto en relación con la clasificación de tipo tradicional como respecto al resto de métodos aplicados. Estos resultados concuerdan con recomendaciones en contra de su uso realizadas por diversos autores (PUNJ y STEWARD, 1987: 322).

El resto de los análisis de conglomerados jerárquicos utilizados, el método de Ward y el de enlace

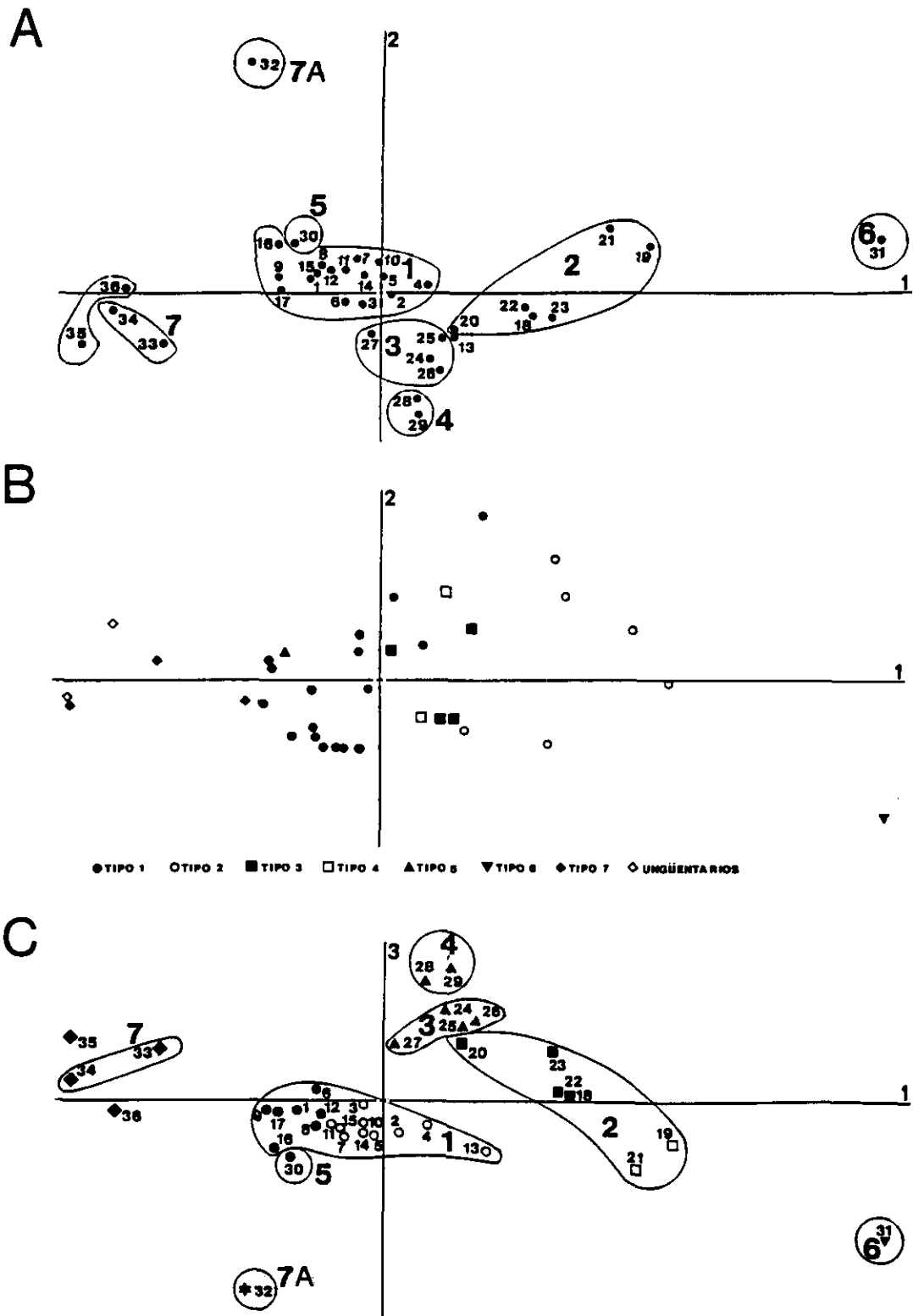


Fig. 8.—Diagramas de dispersión de los Análisis de Componentes Principales de 36 vasos grises de Medellín: A) en los dos primeros C.P., con 7 variables; B) en los dos primeros C.P., con 9 variables y C) en el primer y tercer C.P., con 9 variables. Los diferentes símbolos utilizados están referidos a la tipología propuesta (B) y a los resultados proporcionados por el método de K-medias, con 8 grupos solicitados y 9 variables (C).

medio, e incluso el de enlace completo, pueden ser considerados como los más concordantes en cuanto a sus agrupamientos con los tipos previamente establecidos. Otros métodos de análisis «cluster», como el de enlace simple, no han sido tomados en consideración dada su escasa utilidad en Arqueología (HODSON, 1970: 317; ORTON, 1988: 55-6).

En relación con la medida de similaridad se han utilizado las distancias euclídea, la más frecuentemente usada, y euclídea al cuadrado. Teóricamente, diferentes medidas de la distancia influirán en los resultados finales (HAIR, ANDERSON y TATHAM, 1987: 300), aunque de todos los métodos aplicados tan sólo el del centroide y especialmente el de la mediana se han visto afectados de forma significativa. En cualquier caso, ha podido constatarse que la distancia euclídea discrimina más, a nivel de subtipos, que la euclídea al cuadrado.

Según lo señalado, parece claro que en el caso que nos ocupa la selección del método adecuado resulta más trascendente para el resultado final que la medida de la distancia elegida (PUNJ y STEWARD, 1987: 332-3), a pesar de las pocas variaciones observadas debido a la gran homogeneidad morfológica de la mayor parte de los vasos estudiados.

El intento de introducir una variable cualitativa como es la dirección y forma del cuello-borde mediante un segundo diámetro del cuello (H) no consiguió los resultados apetecidos en los diferentes análisis de conglomerados jerárquicos aplicados.

Otro método que proporcionó buenos resultados fue el de las K-medias, considerado como uno de los mejores (HODSON, 1970: 311 ss.; PUNJ y STEWARD, 1987: 332; ORTON, 1988: 56-7), habiéndose obtenido una buena aproximación con 8 grupos solicitados y 9 variables.

No obstante, la aproximación más óptima a la tipología propuesta inicialmente la proporcionó el Análisis de Componentes Principales, que con la inclusión de la variable H mejoró sensiblemente los resultados. Al incluir esta nueva variable, el tercer C.P., con un porcentaje de varianza semejante al segundo, representa claramente la relación entre los diferentes diámetros de cuello y boca, y la altura de este tramo del vaso, contribuyendo a individualizar con mayor claridad las urnas de los tipos 1 y 3, y permitiendo, asimismo, establecer la relación de la urna 13 con las del tipo 1, lo que ya había sido observado en la clasificación intuitiva.

Las urnas de los tipos 3 y 4, que sistemáticamente

eran agrupadas conjuntamente por todos los métodos de conglomerados, aparecen en el A.C.P. suficientemente diferenciadas como para poder considerarlas como tipos independientes.

El A.C.P. proporciona información no sólo sobre los individuos analizados sino también sobre las variables (HODSON, 1969: 102); además es uno de los métodos utilizados para la validación de los análisis de conglomerados, no dependiendo ni de los resultados obtenidos en estos últimos ni del método empleado (ALDENDERFER, 1982: 68).

A modo de conclusión, debe hacerse hincapié en el interés de utilizar diferentes técnicas estadísticas al realizar cualquier tipo de clasificación arqueológica, contrastando los diferentes métodos aplicados, para así poder realizar una aproximación lo más objetiva posible en un campo donde lo subjetivo constituye usualmente la norma general.

BIBLIOGRAFIA

- ALDENDERFER, M.S.
1982 «Methods of cluster validation for archaeology», *World Archaeology* 14(1), pp. 61-72.
- ALMAGRO GORBEA, M.
1977 *El Bronce Final y el Período Orientalizante en Extremadura*, Bibliotheca Praehistorica Hispana XIV. Madrid.
- CUADRAS, C.M.
1981 *Métodos de análisis multivariante*. Barcelona.
- FOUCART, TH.
1982 *Analyse Factorielle: programmation sur micro-ordinateurs*. París.
- HAIR, J.F., ANDERSON, R.E. y TATHAM, R.L.
1987 *Multivariate Data Analysis*. New York.
- HODSON, F.R.
1969 «Searching for structure within multivariate archaeological data», *World Archaeology* 1(1), pp. 90-105.
- HODSON, F.R.
1970 «Cluster analysis and archaeology: some new developments and applications», *World Archaeology* 1(3), pp. 299-320.
- LORRIO, A.J.
1988-89 «Cerámica gris orientalizante de la necrópolis de Medellín (Badajoz)», *Zephyrus* 41-42, pp. 283-314.
- ORTON, C.
1988 *Matemáticas para arqueólogos*. Madrid.
- PUNJ, G. y STEWARD, D.W.
1987 «Cluster analysis in marketing research: review and suggestions for application», en Hair, J.F., Anderson, R.E. y Tatham, R.L., *Multivariate Data Analysis*, New York, pp. 317-338.