

# ESTUDIO DE CERÁMICAS EN LABORATORIO: MÉTODOS GEOQUÍMICOS

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. *Histórica*

La idea de utilizar las composiciones químicas de las cerámicas para identificar en los lugares de consumo las diferentes producciones de un taller, es bastante antigua. Se encuentran algunas menciones ya en el siglo XIX, pero fue necesario esperar al desarrollo de los métodos físicos de análisis —que permiten realizar numerosos análisis en un tiempo relativamente breve— para que las primeras aplicaciones arqueológicas de alguna importancia vieran la luz. Se puede citar, de entre estos primeros trabajos, los del Laboratory for Archaeology and History of Art de Oxford donde las publicaciones en este campo se inician hacia 1958. El método de análisis en boga en esa época era la espectrografía óptica de emisión y es del todo normal que fuera empleada por los investigadores de Oxford en sus trabajos sobre cerámicas. Más tarde otros métodos de análisis se impusieron, como la activación neutrónica y la fluorescencia X, que fueron a su vez utilizados en aplicaciones arqueológicas.

### 1.2. *Los métodos de análisis*

Recordemos brevemente el principio de estos métodos. En espectrografía óptica la muestra a analizar, que puede ser simplemente la cerámica reducida a polvo o en solución, se somete a una excitación, la de un arco eléctrico continuo o de una descarga oscilante que mana de entre dos electrodos por ejemplo. Un cierto número de átomos de la cerámica son entonces excitados; emiten al volver a su estado nor-

mal diversas radiaciones, la longitud de onda de las cuales son características de los elementos químicos presentes (análisis cualitativo) y donde la intensidad depende del número de átomos del elemento correspondiente contenidos en la cerámica (análisis cuantitativo). En el caso de la fluorescencia X, la fuente de excitación está constituida por un haz de rayos X, salido generalmente de un tubo de rayos X, que provoca la emisión de una radiación X de fluorescencia donde las longitudes de onda y las intensidades dependen de los átomos presentes y de su número, permitiendo así el análisis cualitativo y cuantitativo de la muestra. En fin, en el caso de la activación neutrónica, la muestra está sometida a la acción de un haz de neutrones producidos en un reactor nuclear, una pila atómica por ejemplo. Los radioisótopos que se forman entonces emiten radiaciones nucleares y especialmente rayos gamma las características de los cuales, longitud de onda e intensidad, son utilizadas para el análisis.

Existe de hecho una gran variedad de métodos de análisis físicos, y sería difícil enumerar todos aquellos que, en un momento o en otro, han servido en el estudio de las cerámicas antiguas. Lo que es posible es caracterizar una producción cerámica de varias maneras, no teniendo demasiada importancia el método empleado, salvo reserva de un mínimo de calidad concerniente básicamente a la fidelidad y precisión.

De todas maneras es notorio que los diferentes métodos de análisis no permiten tratar todos los constituyentes químicos con el mismo éxito. Es de esta manera, por ejemplo, que la fluorescencia X está particularmente bien adaptada al tratamiento de los constituyentes principales de la cerámica, pero encuentra dificultades en la medida de ciertas trazas, mientras que el análisis por activación neutrónica permite el control de las trazas en excelentes condiciones. Pero la experiencia muestra que no ha lugar —para las aplicaciones arqueológicas— el privilegiar las trazas más que los constituyentes principales de la cerámica, el ideal sería poder disponer de los dos, y que se midieran al menos de diez a doce constituyentes para cada cerámica.

Y por último, es necesario acordarnos que es prácticamente imposible proceder al análisis de una cerámica sin efectuar una extracción previa de muestra (generalmente de algunos cientos de miligramos).

### 1.3. *Los ejemplos arqueológicos*

Más que proceder a una exposición metódica de observaciones y reflexiones que están en la base de los métodos geoquímicos de estudio

de las cerámicas antiguas, hemos preferido presentar algunos ejemplos arqueológicos, permitiendo una iniciación progresiva y más concreta. Tres son los ejemplos escogidos: las ánforas de Thasos, las cerámicas califales de la región de Valencia y las cerámicas comunes de Rougiers.

## 2. LAS ÁNFORAS DE THASOS

### 2.1. *El vino y sus ánforas*

Para ilustrar algunas de las aplicaciones del análisis de las cerámicas a la resolución de problemas arqueológicos se ha escogido ánforas de Thasos que han servido para comercializar uno de los vinos quizás de los más célebres del mundo griego<sup>1</sup>. Estas ánforas fueron producidas al menos desde el s. V hasta el s. II antes de nuestra era, en numerosos talleres de la isla donde un cierto número fueron hallados y varios han sido objeto de excavaciones (figura 1).

Las ánforas de Thasos presentan frecuentemente un sello impreso sobre una de las asas. En los sellos antiguos figuran más frecuentemente la etnia, es decir el nombre con el cual se designaban los habitantes de la isla, y dos nombres de personas: el del fabricante y el de un magistrado anual con el cargo epónimo, ya que permite aquí designar el año, así como un emblema: pájaro, pez, cuerno de la abundancia, vasija, etc. En los sellos recientes figura aún la etnia, pero un solo nombre de persona y un símbolo; se ha podido demostrar que se trataba del nombre del magistrado epónimo y del símbolo del taller (figura 2).

Antes que las excavaciones de talleres hayan permitido proponer una interpretación coherente del sellado thasiano, diversas soluciones habían sido avanzadas, particularmente para los sellos recientes, ya que, en ese caso, no es sólo el nombre del magistrado el que cambia cada año, sino igualmente el símbolo del taller.

### 2.2. *Las composiciones de los talleres thasianos*

Examinaremos a título de ejemplo el caso del taller de Kalonero (n.º 3, figura 1) ya que 25 de las ánforas producidas en el taller han sido analizadas. Se supone que estas 25 ánforas representan bien el con-

1. Para saber más es necesario dirigirse a: Y. GARLAN, *Vin et amphores de Thasos*, Ecole Française d'Athènes, Sites et Monuments V, 1984, así como al volumen *Recherches sur les amphores grecques* (Bol. Corr. Hell.; suppl. XIII, 1986; ed. J.-Y. EMPEREUS y Y. GARLAN).

junto de las composiciones de las arcillas empleadas en el taller de Kalonero, y se va a intentar dar a esas 25 composiciones una expresión más simple y sobre todo más manipulable que una larga lista de composiciones.

La experiencia demuestra que en los talleres, sean cuales sean, los porcentajes de cada uno de los constituyentes químicos se reagrupan alrededor de un valor medio del cual se alejan más o menos según los talleres y según el constituyente tomado en cuenta. Es el que ilustra la figura 3 para las 25 concentraciones de aluminio, de estroncio y de níquel medidos en Kalonero. Se acostumbra pues a reemplazar los 25 valores particulares correspondientes a un constituyente dado por el valor medio tomado para ese constituyente, y por una magnitud, la desviación típica, permitiendo precisar si las composiciones individuales se desvían más o menos de la mediana.

Esta representación reducida de las composiciones, que no conserva más que dos valores (mediana y desviación típica) para cada constituyente, permite por otra parte calcular fácilmente el parecido que puede existir entre la composición de un ejemplar de origen desconocido y las composiciones del taller tenido en cuenta. Luego esa es una operación que juega un papel esencial en las aplicaciones arqueológicas, ya que cuanto menor sea el parecido, menos posibilidades tendrá el ejemplar desconocido de pertenecer al taller considerado.

La representación precedente es sin embargo incompleta en la medida en que considera cada uno de los constituyentes de manera independiente, mientras que pueden existir relaciones entre las variaciones de un constituyente y aquellas de uno o varios otros. Esas relaciones pueden estar descritas por un conjunto de coeficientes llamados de correlación que dan con las medianas y las desviaciones típicas una representación reducida, pero completa, del conjunto de las composiciones de un taller.

Cabe hacer notar finalmente que si es posible dar una representación simplificada de las composiciones de un taller, y utilizarla para los cálculos de semejanzas, es por que los histogramas correspondientes tienen formas simples como las que aparecen en la figura 3. Por contra no se saben dar representaciones simples de las composiciones de una región ya que los histogramas en un principio son muy complejos. Esto quiere decir, por ejemplo, que somos incapaces de describir el conjunto de composiciones de arcilla empleadas en la isla de Thasos sin pasar antes por el valor medio de los diferentes talleres que allí se encuentran. No se puede pues, en un caso general, decir que una com-

posición no es de la isla de Thasos, a menos que sea posible relacionarla con un taller exterior, o que presente características geoquímicas incompatibles con la geología de la isla, quedando como un caso muy particular, más corriente en el caso de características mineralógicas y petrográficas. De igual manera no se puede decir que una cerámica es de Thasos si no es posible relacionarla a uno u otro de los talleres thasianos estudiados.

### 2.3. *Los sellos de origen extranjero*

El descubrimiento, en un taller, de productos extranjeros mezclados accidentalmente con los desechos de las fabricaciones locales, se cuenta entre las aplicaciones más simples del análisis de las cerámicas. Normalmente se trata de cerámicas que se distinguen de las producciones locales por algunas características particulares de forma, decoración, o, en el caso de las ánforas de Thasos, por algún sello particular. La pregunta formulada al laboratorio es entonces la de confirmar (o rechazar) las suposiciones que esas características extrañas había hecho aparecer.

En el caso del taller de Kalonero los ejemplares implicados eran o bien sellos encontrados sobre el lugar en un solo ejemplar, o bien sellos cuya fecha no correspondía al período de actividad conocido de ese taller. Para verificar el carácter posiblemente extranjero de esos ejemplares, se efectuó una clasificación por análisis de grapas del conjunto constituido por las 25 muestras de Kalonero y de los 7 ejemplares a comprobar.

No olvidemos que una operación de clasificación consiste en reagrupar las cerámicas cuyas composiciones se parecen. Los resultados de los análisis de grapas utilizados con este fin son representados gráficamente en un diagrama arborescente o dendograma sobre el cual cada cerámica está representada por un trazo vertical en la base del diagrama, las cifras remiten a los números de análisis (figura 4). La semejanza de composición que existe entre dos o más cerámicas se materializa por la altura, por debajo de la base del diagrama, donde se sitúa el inicio de la rama vertical que reúne los ejemplares considerados. Cuanto más grande es la altura más débil es el parecido existente entre las composiciones cerámicas que se encuentran ligadas a la misma rama vertical.

La observación más evidente que se puede hacer sobre el diagrama A, es la existencia de una oposición marcada entre el grupo «a» (del

ejemplar 171 al ejemplar 151) que reúne las 25 referencias de Kalonero, y los 7 ejemplares probados que se sitúan en el extremo derecho del diagrama. Los ejemplares del grupo «a» se unen en una misma rama vertical el inicio de la cual se sitúa relativamente bajo, testimoniando así una neta homogeneidad de composiciones. Los 7 ejemplares tratados se unen al grupo «a», solos o por grupos, a alturas mucho más elevadas, lo que significa que sus composiciones difieren notablemente de aquéllas del grupo «a». En esas condiciones, la concordancia observada entre las características particulares de esos sellos y sus composiciones, diferentes de aquéllas de las producciones locales, acreditan la hipótesis de su origen exterior.

#### 2.4. *Los cálculos de distancia*

Existen ciertamente muchos otros métodos que habrían permitido poner de manifiesto las diferencias de composición que existen entre los ejemplares probados y las referencias del taller de Kalonero. Una de ellas merece la pena ser tratada ya que da lugar a desarrollos particularmente fecundos. Se trata del cálculo de distancias, corrientemente la distancia dicha de Mahalanobis que mide la semejanza que existe entre un grupo de referencia, aquí las 25 ánforas de Kalonero, y una cerámica cualquiera, que se desee probar. Cuanto más grande es la distancia, la cerámica menos se parece al grupo, y por lo tanto menores son las posibilidades de que pertenezca a ese grupo. En este cálculo el grupo de referencia está representado por los valores medios de los constituyentes químicos tomados en cuenta, las desviaciones típicas correspondientes y los coeficientes de correlación, cosa que constituye la representación reducida, la mejor posible para un grupo (cf. supra, 2.2)<sup>2</sup>.

Se ha aplicado este cálculo a los mismos 7 ejemplares precedentes, estando el grupo de referencia siempre constituido por los 25 ejemplares de Kalonero. Los resultados han sido representados, bajo la forma de histograma de distancias, en la parte inferior de la figura 5. En la parte superior se encuentran agrupadas las distancias de las 25 refe-

2. Para problemas simples, se puede tener suficiente con las distancias euclidianas que no toman en cuenta que las medianas y las desviaciones típicas corresponden a los diversos constituyentes utilizados, olvidando los coeficientes de correlación. Notaremos por otra parte que en los análisis de grapas los cálculos no pueden hacerse más que sobre distancias euclidianas, cosa que contribuye a limitar las utilidades del método.

rencias de Kalonero, nada impide en efecto calcular la distancia al grupo de Kalonero (definido por sus medianas, desviaciones típicas y coeficientes de correlación) de una cerámica cualquiera perteneciente o no al grupo de referencia. Para las 25 referencias de Kalonero ese cálculo permite determinar cuáles son los ejemplares que son más próximos a las características generales del grupo (aquellos cuyas distancias son las más cortas, próximas aquí a 0.2), y cuáles son aquellos que están en posición marginal en el interior del grupo (aquellos cuyas distancias son las más grandes, próximas aquí a 0.5). Si entre los 7 ejemplares probados se hubiera encontrado uno que hubiera sido fabricado en Kalonero, su distancia debería situarse necesariamente también entre 0.2 y 0.5<sup>3</sup>. Según vemos, ésto no afecta a ninguno de los ejemplares probados, sus distancias así como sus características de composición son muy diferentes de los ejemplares de Kalonero.

### 2.5. *Las determinaciones de origen*

Se puede, evidentemente, calcular las distancias de los mismos 7 ejemplares anteriores, en comparación a otros talleres conocidos de Thasos. Es lo que ha sido hecho, por ejemplo, para el taller de Molos (n.º 14, fig. 1). Las distancias correspondientes —calculadas en comparación al grupo de las 28 referencias analizadas para el taller de Molos— han sido representadas en la figura 6, en su parte inferior, mientras que en la parte superior se encuentran reunidas las distancias de las 28 referencias de Molos, siempre calculadas por comparación al grupo de referencia de Molos.

Se ve esta vez aquí que 3 de los 7 ejemplares probados presentan distancias que son compatibles con un origen que sería el taller de Molos (cf. supra, 2.4). Esta constatación entraña remarcar dos cosas:

La primera concierne al caso donde los ejemplares 166, 170 y 174 no se diferenciarían de otras producciones del taller de Kalonero más que por la composición (así como por alguna otra característica peculiar). En estas condiciones no se podría excluir la hipótesis según la cual esos tres ejemplares corresponderían a pruebas en las que se habrían utilizado otras arcillas. Pero si se puede demostrar que la composición de estos ejemplares corresponde a composiciones que son conocidas en

3. Por tanto, las 25 referencias de Kalonero representan bien el conjunto de las composiciones de las arcillas empleadas en el taller.

otro taller, su origen foráneo aparece casi incuestionable. No existe más que una posibilidad ínfima —en el caso donde se habrían hecho pruebas— por la cual los ceramistas hayan utilizado por la más grande de las casualidades una arcilla que presenta las mismas composiciones que aquellas arcillas empleadas en otro taller.

La segunda concierne a la atribución eventual de los ejemplares 166, 170 y 174 al taller de Molos. La concordancia observada sobre la figura 6 entre las distancias de esos tres ejemplares al grupo de referencia del taller de Molos y las distancias de las propias referencias de este taller, es una condición necesaria para una tal atribución, pero no es suficiente <sup>4</sup>. Es necesario verificar particularmente, antes de toda atribución de origen, que las características de las arcillas empleadas en el taller de Molos no se encuentran en una región muy vasta, como a veces se produce. Esta verificación, indispensable en un caso general, es deseable, incluso si se trata, como es el caso para dos de esos ejemplares, de sellos que son efectivamente conocidos en el taller de Molos.

#### 2.6. *Sellos cuya matriz ha sido regravada*

Al lado de las determinaciones de origen que constituyen el principal objetivo del análisis de las cerámicas, se pueden presentar numerosas aplicaciones particulares, de las cuales se dará un primer ejemplo. Se trata de una verificación en laboratorio de las reglas de sellado reciente en Thasos (cf. supra, 2.1).

Se ha observado sobre un cierto número de ánforas que la matriz utilizada para el sellado había sido modificada mediante un regravado. El nombre del epónimo ha sido borrado, para ser reemplazado por uno nuevo, el emblema del taller sin embargo queda intacto. La operación más o menos conseguida, permite identificar los dos estadios sucesivos de la matriz y relacionarlos con las asas selladas correspondientes. Según ésto las reglas del sellado puestas en evidencia en Thasos muestran que el emblema del taller cambia todos los años con el epónimo (cf. 2.1), esas asas deben provenir necesariamente de talleres diferen-

4. Esta concordancia debe evidentemente subsistir sea cual sea el número de los constituyentes tomados en cuenta, y no es menos evidente que éste debería ser el más elevado posible. Pero ésto no es siempre posible debido al gran número de referencias que el cálculo exigiría entonces. También se procede frecuentemente a diferentes verificaciones parciales, como el caso que concierne a los 8 constituyentes principales sobre la figura 6.



tes. Lo que supone pues, en el caso presente, la recuperación de matrices al final de su utilización, su regravado y su redistribución en otros talleres.

Las verificaciones efectuadas han llevado a distinguir las tres parejas siguientes:

	1. <sup>er</sup> epónimo	emblema	2. <sup>o</sup> epónimo	emblema
155/156:	Aristophanes	timón	Poulys	timón
157/158:	Aristophanes	Hermes	Poulys	Hermes
159/160:	Aristophanes	cabeza de toro	Poulys	cabeza de toro

Estos seis ejemplares han sido clasificados mediante análisis de grapas con una muestra de una treintena de ejemplares donde figuran todas las composiciones actualmente discernibles en Thasos. Sobre el dendograma correspondiente (figura 7) se ve claramente que los dos ejemplares de cada pareja se sitúan muy lejos uno de otro, cosa que corresponde en el caso de las referencias de Thasos escogidas, a diferencias de composición importantes, y por tanto a orígenes diferentes <sup>5</sup>.

### 2.7. Revelado de los nombres abreviados

Otra aplicación particular de los análisis concierne a las ánforas cuyos sellos llevan nombres abreviados para los cuales existen múltiples posibilidades de interpretación. Así ocurre sobre sellos antiguos de Herakl-, interpretable como Herakleitos o Herakleides, dos fabricantes conocidos. Si el nombre abreviado corresponde a uno solo de esos dos fabricantes, debería ser posible saber a cual, a condición siempre que Herakleitos y Herakleides no hayan trabajado en el mismo taller. Pero es posible igualmente que el nombre abreviado haya sido empleado por los dos fabricantes, incluso por un tercero.

La verificación ha evidenciado 7 sellos que llevan el nombre abreviado Herakl-, 7 llevando Herakleitos y 2 Herakleides. Se han clasificado por análisis de grapas esos 16 ejemplares y una pequeña muestra

5. Una verificación suplementaria consiste en calcular la distancia euclidiana (nota 2) de 2 ejemplares de cada pareja (sirviéndose de la desviación típica media observada en los talleres de Thasos, a falta de conocer los talleres de donde son originarios esos ejemplares). Se constata que esta diferencia es muy superior a aquella que se observa en Thasos entre los ejemplares que tienen un mismo origen.

de una treintena de ejemplares, utilizados anteriormente (cf. supra, 2.6), donde figuran todas las composiciones actualmente discernibles de Thasos. Sobre el dendograma correspondiente (figura 8) se observa que ningún ejemplar con nombre abreviado Herakl- se aproxima mientras que Herakl- y Herakleitos tienen composiciones muy parecidas y podrían, pues, provenir de un mismo taller. Una duda subsiste para los dos ejemplares que se sitúan un poco desviados de los precedentes. Puede explicarse por el hecho de que Herakleitos habría cambiado de taller en el curso del tiempo, como parece producirse frecuentemente en Thasos <sup>6</sup>.

### 3. LAS CERÁMICAS CALIFALES DE LA REGIÓN DE VALENCIA

#### 3.1. *Las cerámicas califales de la región de Valencia*

Las más antiguas cerámicas vidriadas fabricadas en España son aquellas designadas generalmente bajo el término de cerámicas califales con decoración «verde i morado». Se trata de cerámicas decoradas con óxido de cobre i óxido de manganeso sobre un fondo blanco estannífero. Fueron producidas hacia finales del siglo X e inicios del XI; se supone que la mayor parte de los talleres se debían encontrar en la región de Córdoba donde se ha descubierto un gran número de esas cerámicas.

Actualmente sólo se ha encontrado un taller que está situado cerca de la ciudad de Almería, el puerto militar del califato de Córdoba.

Cerámicas que presentan fuertes similitudes tipológicas y estilísticas con las precedentes han sido encontradas en diferentes regiones de España <sup>7</sup>. De tal forma que ejemplares de este género han sido descubiertos en Valencia y en su región (figura 9). El problema planteado al laboratorio acerca de esos ejemplares valencianos es el de su origen. ¿Se trataba de productos procedentes de la región de Córdoba, o de productos procedentes de talleres de la región de Valencia que habrían fabricado ese tipo de cerámicas, ya desde el siglo X y XI?

6. Pero el cálculo de las distancias euclidianas entre el grupo de los 14 ejemplares Herakl-, Herakleitos situado en el extremo derecho del dendograma, y los dos ejemplares situados en la desviación de los precedentes, muestra que la hipótesis más probable es aquella de dos ejemplares marginales pertenecientes al mismo taller que los otros 14.

7. A. BAZZANA, Ch. LEMOINE, M. PICON, *Le problème de l'origine et de la diffusion des céramiques dites califales: recherche préliminaire*, Segundo Coloquio Internacional de Cerámica Medieval en el Mediterráneo Occidental, Madrid, 1986, p. 33-38.

### 3.2. *La clasificación preliminar*

Para intentar responder a esta pregunta se ha reunido y analizado una muestra de 52 ejemplares de cerámicas califales descubiertas en Valencia y en su región, y sus composiciones comparadas a aquellas de 29 referencias, 15 ejemplares recogidos en Córdoba y otros 14 provenientes del taller de Almería. La comparación de las composiciones ha sido hecha por análisis de grapas (cf. 2.3). El diagrama obtenido muestra que los ejemplares de la región de Valencia, representados por círculos blancos, forman al menos cuatro grupos marcados del 1 al 4 (figura 10).

Las referencias de Córdoba, representadas por círculos negros, y las de Almería, representadas por rombos negros, se reparten en tres grupos, dos para Córdoba y uno para Almería. Las cerámicas se distinguen netamente de las cerámicas de la región de Córdoba, formando grupos diferentes, a excepción de un único ejemplar que es quizá originario de la región de Córdoba pero que ha podido estar mezclado accidentalmente, en el taller de Almería, con las producciones de este taller.

Notaremos que ciertos grupos, como el grupo 4 e igualmente el grupo 1, son muy heterogéneos. Es lo que muestra la anchura considerable bajo la base del diagrama donde se sitúa la salida de la rama principal que reúne los ejemplares de esos grupos. Sabemos que cuanto más grande es esta altura, más pequeña es la semejanza existente entre las composiciones de las cerámicas (cf. 2.3). No se excluye que los grupos 1 y 4 están compuestos por ejemplares originarios de varios talleres. Ese podría ser notablemente el caso para los ejemplares que están en el extremo derecho del grupo 1, aquellos cuyas alturas son las mayores en el interior de ese grupo.

Notaremos igualmente que no existe ninguna mezcla entre las referencias y las cerámicas califales de la región de Valencia. Pero, antes de concluir que las cerámicas de la región de Valencia no son originarias de la región de Córdoba, sería necesario evidentemente estar seguro de que las referencias utilizadas contenían ejemplares de todos los talleres de Córdoba. Que no es manifiestamente el caso presente.

Por otra parte el banco de datos del laboratorio comprende otras numerosas referencias de diversos períodos, para el valle del Guadalquivir y el sur de España. Como ninguna de entre ellas tenía composiciones próximas a nuestros cuatro grupos valencianos se puede estimar que existe una cierta probabilidad, a falta de certitud, para que esos

grupos no sean originarios de España meridional. Se intentó, pues, comparar las composiciones de esos grupos valencianos con las referencias que se poseía para la región de Valencia.

### 3.3. *La comparación con las referencias de Valencia*

Las referencias de que disponemos para la región de Valencia están constituidas básicamente por producciones medievales de los siglos XIII, XIV y XV de los talleres de Paterna y Manises. Son un centenar de cerámicas de esos dos talleres que se utilizará aquí con el fin de comparar sus composiciones a aquellas de los cuatro grupos de cerámicas califales de la región de Valencia. Se observará que la proximidad de los talleres de Paterna i Manises hace que las cerámicas de esos talleres tengan composiciones similares, muy difícilmente separables, que justifican el hecho de hacer un único grupo de referencia.

El método utilizado aquí es la distancia de Mahalanobis de los ejemplares de los grupos 1, 2, 3 y 4, al grupo del centenar de referencias de Paterna-Manises (cf. 2.4). Los histogramas de las distancias de los ejemplares de esos cuatro grupos están representadas con cuadrados en negrita, mientras que los de las referencias están en punteado (figura 11).

Las distancias de las referencias están todas comprendidas entre 0 y 5. Si un ejemplar de cerámica califal descubierto en la región de Valencia hubiera sido hecho con la misma arcilla que aquellas que se utilizaron para las referencias, su distancia debería entonces estar comprendida también entre 0 y 5. Los ejemplares cuyas distancias son más grandes que 5, corresponden de hecho a aquellos que se encuentran en el extremo derecho del grupo 1, en la figura 10. Se ha señalado ya que esos ejemplares del grupo 1 y cuya anchura debajo de la base del diagrama de la figura 10 es la más grande, podían no pertenecer al mismo grupo que los otros. Es ésto lo que confirma el cálculo de distancias.

Para el resto de ejemplares del grupo 1, se aprecia que existe un ligero decalage entre su máximo de frecuencia, comprendido entre 2.5 y 3.0, y el de las referencias, comprendidas entre 2.0 y 2.5. Si fueran exactamente las mismas arcillas las utilizadas para las referencias y para el grupo 1, las máximas de frecuencia deberían en principio coincidir.

No obstante el decalage observado es débil, incluso muy débil. Así se puede admitir que si se han utilizado arcillas diferentes en la fabricación de las cerámicas de Paterna y Manises y las del grupo 1, son ciertamente arcillas que provienen de las mismas formaciones geológicas.

Se puede por otra parte verificar, y se debe hacer, si las formaciones arcillosas explotadas en Paterna-Manises están presentes en otros puntos de la región de Valencia, y si sus composiciones muestran en esos puntos diferencias con Paterna-Manises que más importantes que aquéllas con el grupo 1. De la misma forma es prudente verificar que si se desvía notablemente de la región de Valencia las composiciones de las formaciones arcillosas comparables son aún menos parecidas.

Teniendo en cuenta las semejanzas de composición que existen entre las composiciones de Paterna-Manises y aquellas de la mayor de los ejemplares del grupo 1, teniendo en cuenta las diferencias que existen por contra entre las composiciones de Paterna-Manises y aquellas de la mayor parte de las otras arcillas de la región de Valencia y de las regiones vecinas, teniendo en cuenta, en fin, el hecho de que los ejemplares del grupo 1 que se parecen más a las composiciones de Paterna-Manises han sido descubiertas en Valencia mismo, se puede concluir que esos ejemplares del grupo 1 han sido ciertamente fabricados en la región de Valencia.

Por contra para los grupos 2, 3 y 4, ignoramos sus lugares de fabricación, a falta de referencias apropiadas.

En conclusión, observaremos que la comparación de los histogramas de las distancias de Mahalanobis es uno de los métodos más seguros para proceder a las atribuciones de origen, a condición de tener cuidado no solamente con las semejanzas si no igualmente con las diferencias que existen entre ellos.

#### 4. LAS CERÁMICAS COMUNES DE ROUGIERS

##### 4.1. *El lugar y las cerámicas de Rougiers*

El lugar de Rougiers en el departamento de el Var es un castrum medieval que fue ocupado del siglo XII al XV y que fue posteriormente abandonado en provecho de un establecimiento en el llano. Las excavaciones que se llevaron a cabo aportaron un material particularmente importante, sobre todo en cerámica, donde figuran producciones importadas, más o menos lujosas y producciones más comunes de carácter local o regional <sup>8</sup>.

8. G. DEMIANS D'ARCHIMBAUD, *Les fouilles de Rougiers*, París, 1980.

Esas producciones comunes, barnizadas o no, han sido clasificadas en varios grupos según los criterios arqueológicos tradicionales: formas, decoraciones, revestimientos, técnicas, características visuales de las pastas... Es así como se han distinguido tres grupos mayores, designados por las siglas B1, B2 y B3, siendo el grupo B2 dividido a su vez en dos subgrupos.

El interrogante planteado al laboratorio era doble. Se trataba en primer lugar de verificar la pertinencia de los grupos constituidos por los arqueólogos, y por tanto de los criterios empleados para la definición de los grupos. En segundo lugar se trataba de obtener algunas indicaciones sobre el origen posible de esos diferentes grupos y subgrupos.

#### 4.2. *La clasificación preliminar*

Concierne a todos los ejemplares analizados, 117 en total, de los que 34 son de la categoría B1, 49 de la categoría B2 y 34 de la categoría B3. La clasificación fue hecha por análisis de grapas, permitiendo comparar los grupos realizados a partir de las características químicas de las pastas, con los grupos realizados a partir de criterios arqueológicos tradicionales. Sobre el diagrama obtenido los ejemplares de las categorías B1, B2 y B3 están representados respectivamente por círculos blancos, círculos negros y triángulos blancos (figura 12).

Se constata sobre el diagrama de la figura 12 que existe una muy buena concordancia entre los criterios definidos según los métodos arqueológicos tradicionales, y los grupos definidos a partir de las composiciones químicas. Sólo algunos ejemplares están mal clasificados, y aún así se ha de notar que se trata en la mayor parte de los casos de ejemplares que comportaban problemas particulares. Se observará que tres ejemplares situados en el extremo derecho del diagrama son inclasificables y no pertenecen a ninguna de las categorías B1, B2 y B3.

La verificación en el laboratorio de las clasificaciones propuestas por los arqueólogos constituye un sector importante, relativamente poco complicado y poco oneroso, de los análisis de las cerámicas. La determinación del origen de los grupos de composición es por contra una operación mucho más larga y complicada, que reclama con frecuencia medios considerables. Ésta hace intervenir conceptos nuevos que intentaremos precisar.

### 4.3. *El origen de los grupos de composición B1, B2 y B3*

Para las categorías B1 y B3 a las cuales pertenecen la mayoría de los ejemplares recogidos en Rougiers, parecía natural esperar un origen poco alejado de ese sitio. En particular se cuestionaba si el taller de Ollières que está situado a una decena de kilómetros de Rougiers no podía ser uno de los centros de producción buscados, aunque los textos conocidos hacen referencia a un período de actividad menos antiguo que el de las cerámicas estudiadas.

Una prospección hecha en Ollières debía permitir recoger numerosas cerámicas, entre las cuales diferentes desechos de fabricación. Una treintena de ejemplares fueron enseguida analizados y clasificados por análisis de grapas con los grupos B1 y B3 (figura 13). El diagrama obtenido muestra que numerosos ejemplares d'Ollières representados por rombos negros, entre los cuales un cierto número de desechos de fabricación, se mezclan con las cerámicas de la categoría B1. Existe pues una fuerte probabilidad de que las cerámicas de la categoría B1 sean originarias de Ollières. Por contra, sólo cuatro ejemplares de Ollières se encuentran entre las cerámicas de la categoría B3, y no se puede excluir, en ese caso, que se traten de cerámicas extrañas al taller de Ollières, que se encuentran mezcladas accidentalmente con las producciones del taller. Finalmente notar la existencia en Ollières de composiciones diferentes de B3 pero también de B1, que deben sin duda corresponder a otro período de actividad del taller, las composiciones de esos ejemplares situados entre los grupos B1 y B2 están como se puede observar sobre el diagrama de la figura 13 más próximas de B1 que de B3.

De la misma forma se clasifica por análisis de grapas las cerámicas de la categoría B2 con referencias provenientes de talleres del Languedoc oriental como los de Uzège (rombos blancos) y de la Provenza central como el taller de Cabasse (cuadros blancos) (figura 14). El diagrama obtenido muestra que existe una fuerte probabilidad de que las cerámicas de la categoría B2 sean originarias de esos dos centros de fabricación, atendiendo a como se mezclan las referencias y las cerámicas B2.

Es muy importante insistir sobre las razones que permiten finalmente concluir que la categoría B1 es originaria de Ollières y que la categoría B2 es originaria, para la mayor parte, de la Provenza central y para el resto de Uzège.

Recordemos otra vez que toda determinación de origen es una operación de naturaleza esencialmente probabilística que hace intervenir cuatro categorías de argumentos que són los siguientes:

1. *Las semejanzas de composición.*

Aquí están simplemente puestas en evidencia por el análisis de grasas, sin ser medidas de forma precisa como sería posible hacerlo calculando las distancias de Mahalanobis (cálculo imposible en el caso presente por tratarse de un número insuficiente de referencias). Cuanto más fuertes són los parecidos más valor tiene el argumento.

2. *Las diferencias de composición.*

Han consistido aquí en verificar que de numerosas otras hipótesis de localización (de otros talleres o de otros yacimientos de arcillas) presentan, con las cerámicas de las que se busca determinar el origen, diferencias de composición considerables. Cuanto más numerosas y fuertes sean las diferencias observadas, más valor tiene el argumento.

3. *Las probabilidades a priori.*

Se trata de todas las razones que designan, antes del análisis, un origen como uno de los más probables en la región considerada. Aquí será, por ejemplo, la proximidad del taller de Ollières para el grupo B1, o la importancia reconocida de las exportaciones de los talleres de Uzège, para uno de los subgrupos de B2. Cuanto mayor sea el número de los orígenes posibles en la región considerada, mayor valor tiene el argumento.

4. *Los criterios de validación.*

Són todas aquellas características, distintas de la composición, que las referencias y las cerámicas cuyo origen se intenta buscar tienen en común, y que contribuyen a establecer que tienen un mismo origen (aquello que contribuye a validar el carácter monogénico del grupo constituido por las referencias y las cerámicas de origen desconocido). Eso será por ejemplo las formas de las cerámicas, así como el aspecto visual de las pastas y de los barnices que tienen en común las producciones de Uzège y una parte del grupo B2, o el aspecto y la naturaleza del desgrasante que tienen en común las cerámicas de Ollières y aquellas



de la categoría B1. Cuanto más numerosas y raras sean esas características, mayor valor tiene el argumento.

Está claro que esas cuatro categorías de argumentos intervienen diferentemente según el caso, y que es indispensable, dado que una categoría de argumentos es poco determinante, que los otros lo sean más. Por lo tanto es incontestablemente en esta evaluación del carácter más o menos determinante de los argumentos expuestos, y en su complejidad, que reside una de las grandes dificultades de las determinaciones de origen. Y que comportan riesgos de error a los que es necesario prestar la mayor atención.

MAURICE PICON

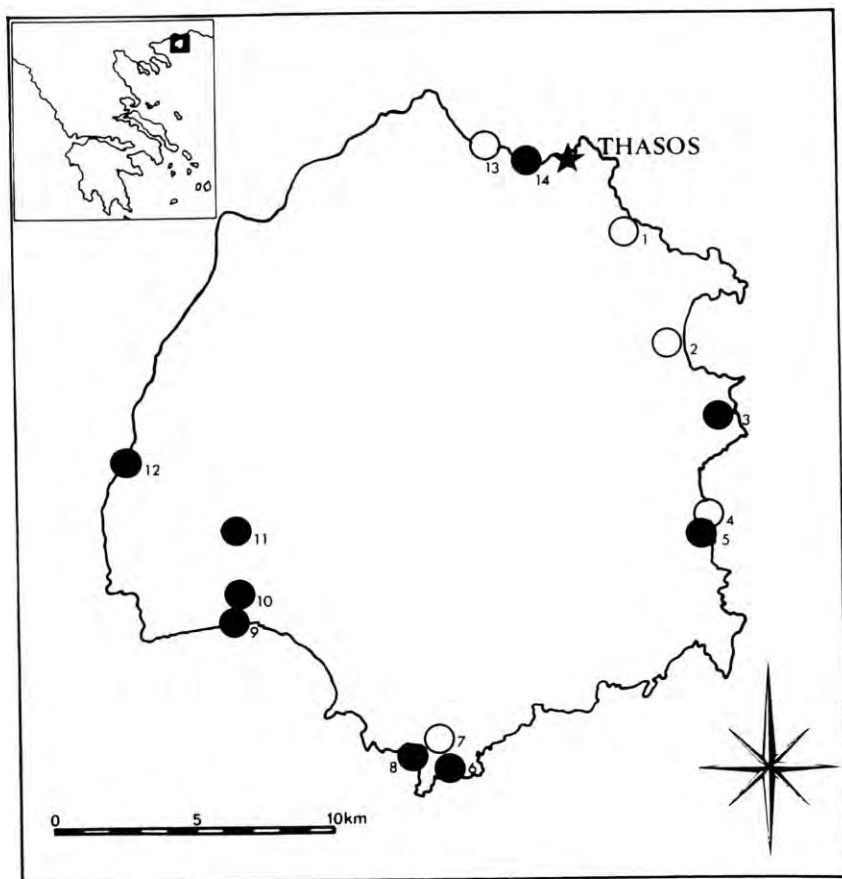


Fig. 1. Situación de la isla de Thasos y situación de los talleres de ánforas: talleres seguros (círculos negros), talleres probables (círculos blancos). Estado de la investigación en 1984.



Fig. 2. Sello reciente de Thasos, de la primera mitad del siglo III a.C. sobre el cual figuran el nombre de la etnia: Thasion, el del magistrado epónimo: Kychris, y el símbolo del taller: cratera. (escala 1:1).

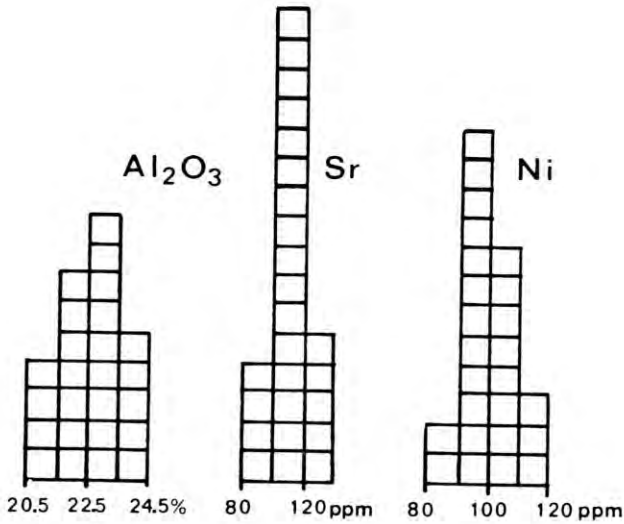


Fig. 3. Histogramas de las concentraciones en aluminio, estroncio y níquel de los 25 ejemplares de las ánforas de Kalonero (porcentajes para el aluminio, partículas por millón o ppm para el estroncio y el níquel).

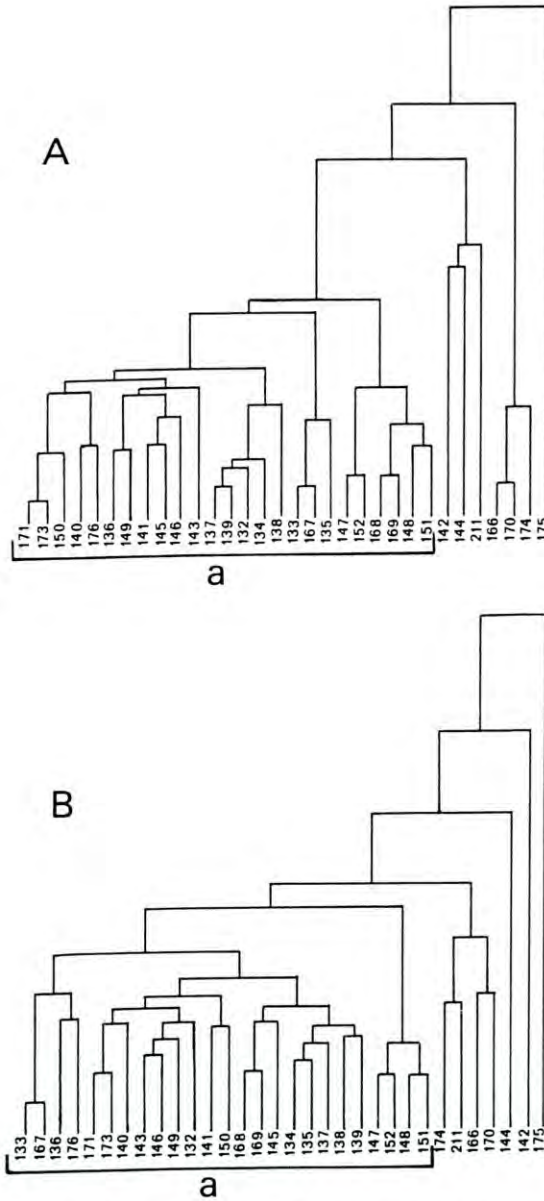


Fig. 4. Dendrograma de la clasificación por análisis de grapas de 25 referencias del taller de Kalonero (grupo a) y de 7 ejemplares a comprobar. A, clasificación efectuada sobre 8 constituyentes principales: K, Mg, Ca, Mn, Al, Fe, Si y Ti. B, clasificación efectuada sobre 9 trazas: Rb, Sr, Ba, Ni, Zn, Cr, Zr, Ce y V. Se apreciará que si las dos clasificaciones difieren en el detalle, conducen exactamente a las mismas conclusiones concernientes a los ejemplares que están en posición marginal en comparación a las 25 referencias.

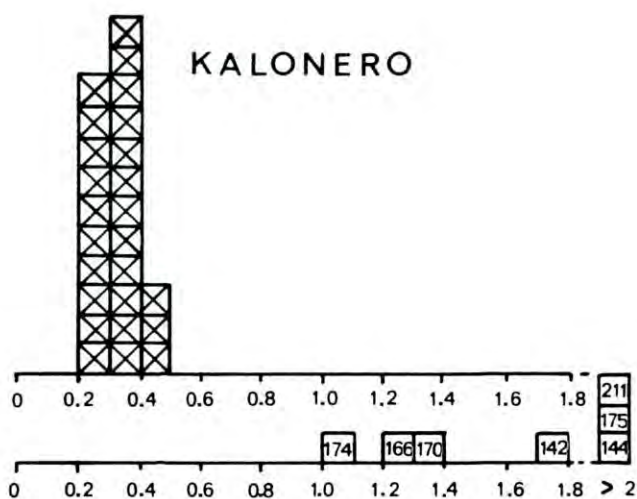


Fig. 5. Histograma de las distancias de Mahalanobis —calculadas en comparación al grupo de 25 referencias de Kalonero— de los 7 ejemplares a comprobar (línea inferior), y de las 25 referencias de Kalonero (línea superior). Constituyentes químicos tomados en cuenta: K, Mg, Ca, Mn, Al, Fe, Si y Ti; distancias medianas por constituyente.

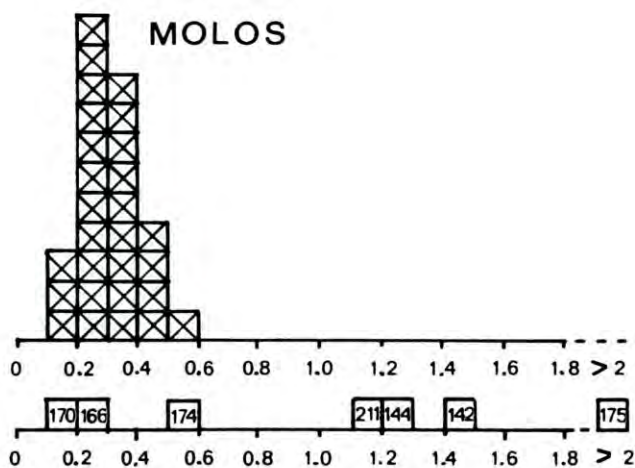


Fig. 6. Histogramas de las distancias de Mahalanobis —calculadas en comparación a las 28 referencias del taller de Molos— de los 7 ejemplares a comprobar (línea inferior), y de las 28 referencias de Molos (línea superior). Constituyentes químicos tomados en cuenta: K, Mg, Ca, Mn, Al, Fe, Si y Ti; distancias medias por constituyente.

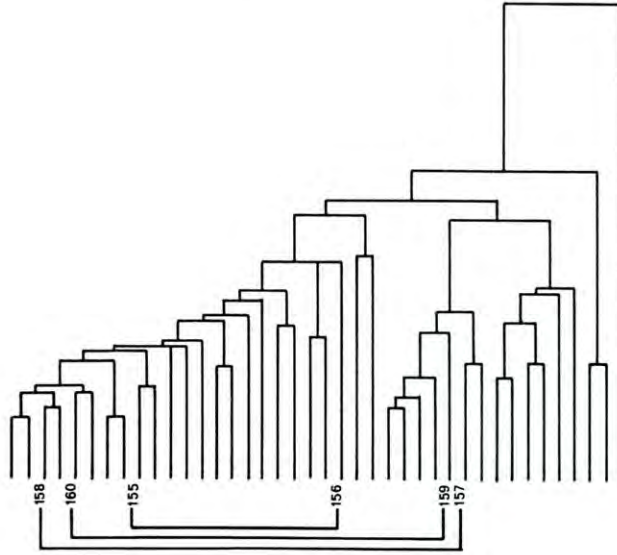


Fig. 7. Análisis de grapas de un grupo donde figuran las diferentes composiciones actualmente discernibles de Thasos, y 3 parejas de ánforas llevando cada una un ejemplar sellado con una matriz original, y otro ejemplar sellado con la misma matriz, pero después regrabado. Constituyentes tomados en cuenta: K, Rb, Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Zn, Ni, Al, Cr, Fe, Ce, Si, Ti, Zr, V.

● Herakl  
 ▲ Herakleitos  
 ○ Herakleidès

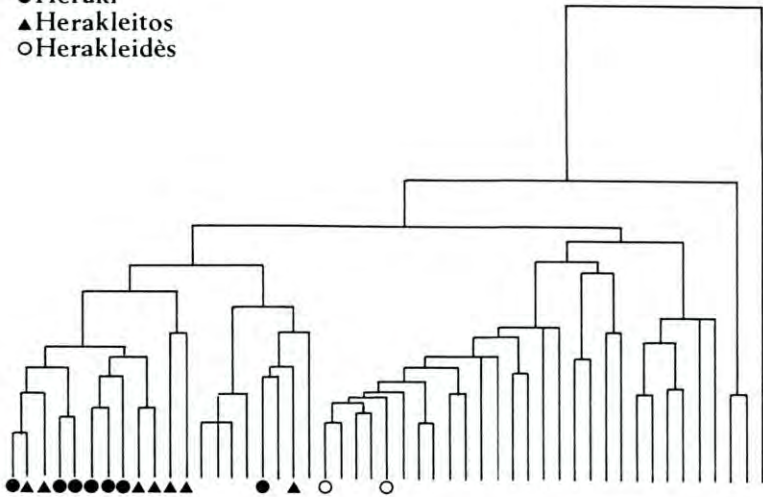


Fig. 8. Análisis de grapas de un grupo donde figuran las diferentes composiciones actualmente discernibles de Thasos y ánforas cuyos sellos llevan los nombres de Herakleitos, Herakleides, así como el nombre abreviado Kerakl-. Constituyentes tomados en cuenta: K, Rb, Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Ni, Al, Cr, Fe, Ce, Si, Ti, Zr, V.

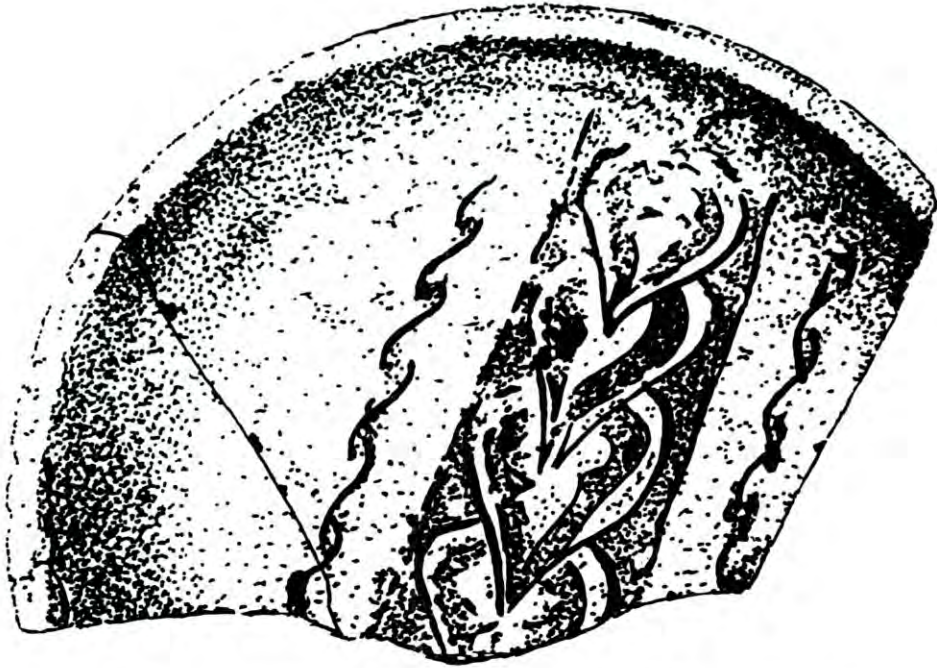


Fig. 9. Ejemplo de cerámica califal descubierta en la región de Valencia (escala 1:2).

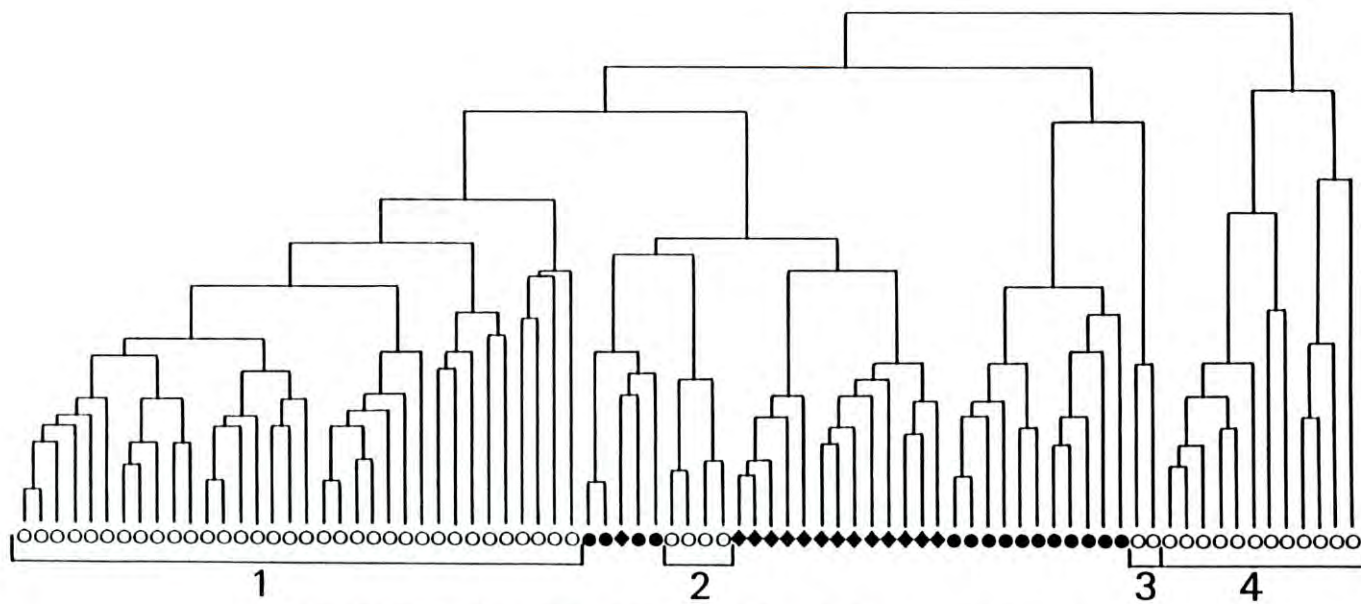


Fig. 10. Dendrograma de la clasificación por análisis de grasas de 29 referencias de las regiones de Córdoba (círculos negros) y de Almería (rombos negros), y de 52 ejemplares de cerámica califfal descubiertas en la región de Valencia (círculos blancos). Constituyentes químicos en cuenta: K, Mg, Ca, Mn, Al, Fe, Si, Ti.



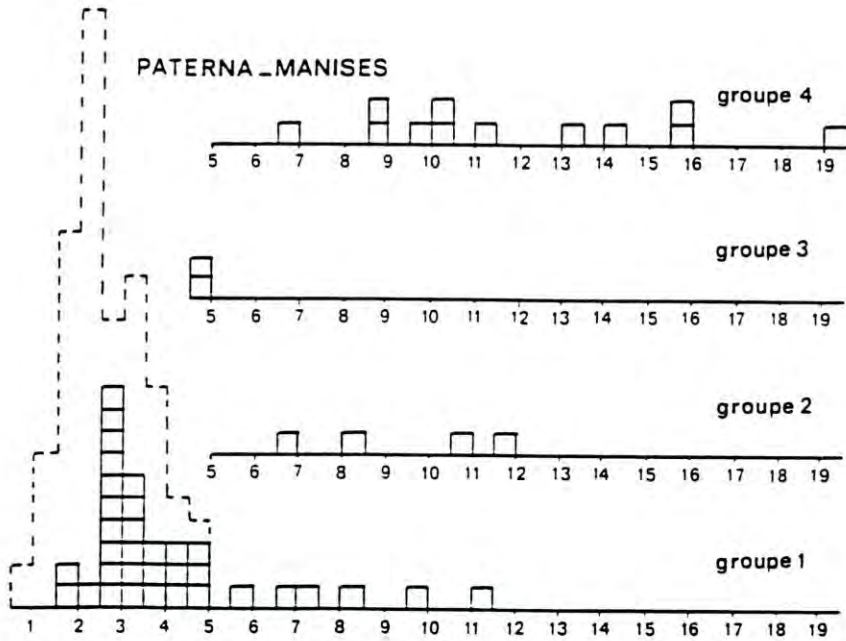


Fig. 11. Histogramas de distancias de Mahalanobis —calculados en relación al grupo de un centenar de referencias de los talleres de Paterna-Manises— de ejemplares de cuatro grupos de cerámicas califales de la región de Valencia. Constituyentes químicos tomados en cuenta: K, Mg, Ca, Mn, Al, Fe, Si, Ti; distancias totales para el conjunto de los constituyentes.

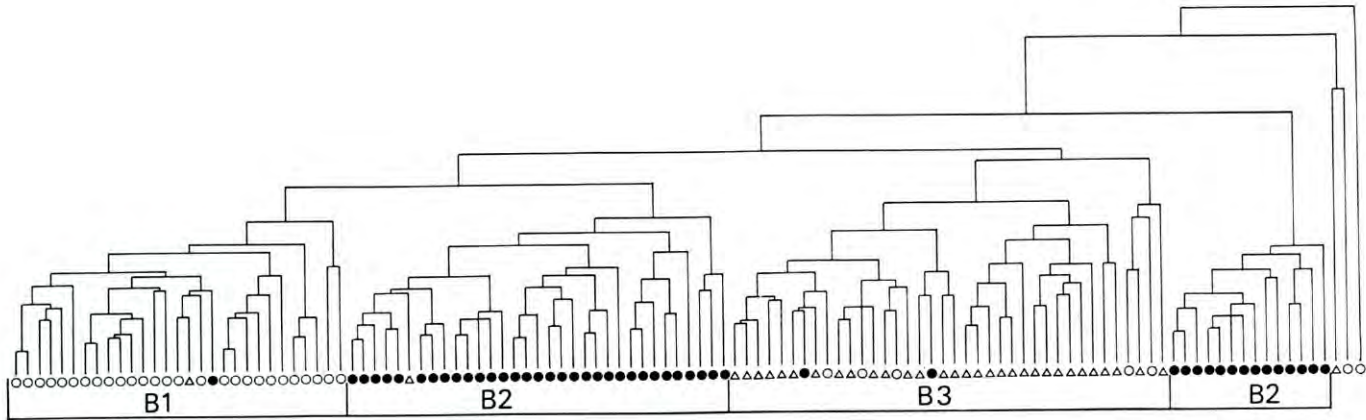


Fig. 12. Dendrograma de la clasificación por análisis de grasas de 117 ejemplares de cerámicas comunes de Rougiers pertenecientes a las categorías B1 (círculos blancos), B2 (círculos negros), B3 (Rombos blancos). Constituyentes químicos tomados en cuenta: K, Mg, Ca, Mn, Al, Fe, Si, Ti.

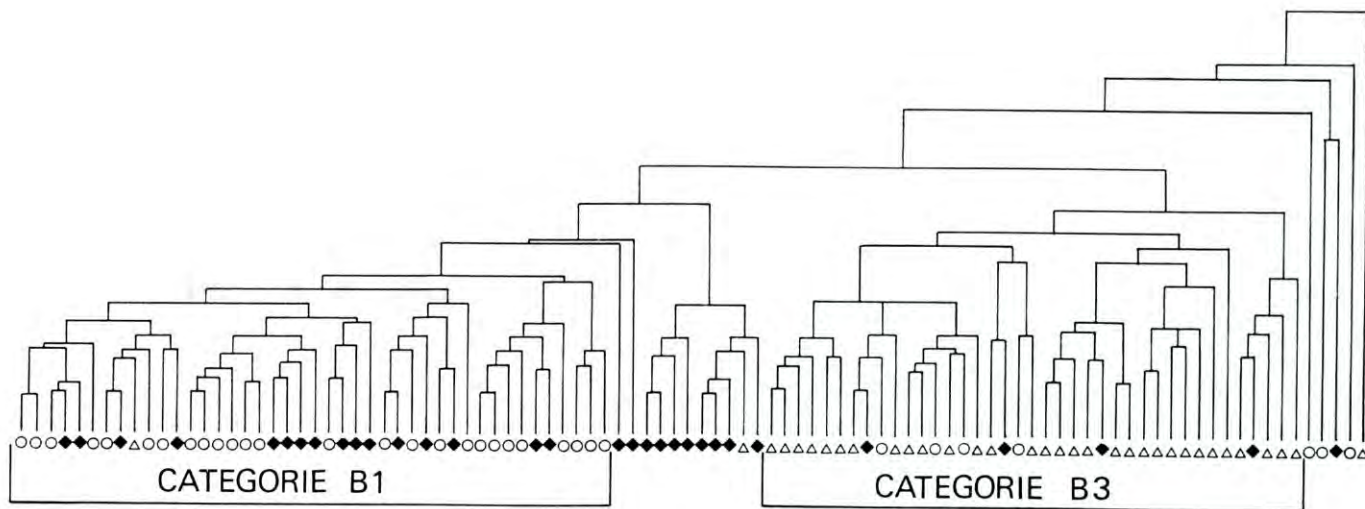


Fig. 13. Dendrograma de la clasificación por análisis de grapas de referencias del taller de Ollières (rombos negros) y de cerámicas de Rougiers pertenecientes a las categoría B1 (círculos blancos), y B3 (rombos blancos). Constituyentes químicos tomados en cuenta: K, Mg, Ca, Mn, Al, Fe, Si, Ti.

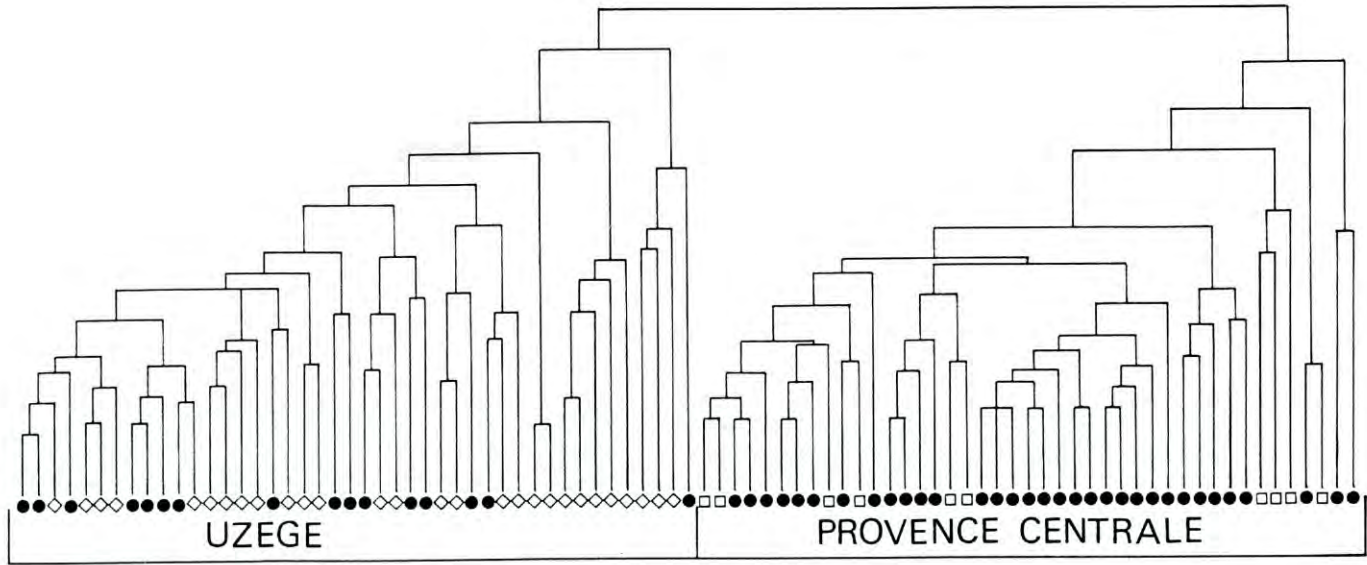


Fig. 14. Dendrograma de la clasificación por análisis de grapas de referencias de talleres de la Provenza central (cuadrados blancos) y de Uzège (rombos blancos) y de cerámicas de Rougiers pertenecientes a la categoría B2 (círculos negros). Constituyentes químicos tomados en cuenta: K, Mg, Ca, Mn, Al, Fe, Si Ti.