

# MATERIAS PRIMAS Y DATOS TECNOLOGICOS DE PIEZAS CERAMICAS ANTIGUAS DEL YACIMIENTO ARQUEOLOGICO DE CERRO MACARENO (SEVILLA) (II) <sup>(1)</sup>

M.<sup>a</sup> DEL C. GONZALEZ VILCHES.

G. GARCIA RAMOS.

F. GONZALEZ GARCIA.

Departamento de Química Inorgánica de la Facultad de Química y Departamento de Investigaciones Físicas y Químicas, Centro Coordinado del C.S.I.C. Universidad de Sevilla.

## SUMMARY

A study of forty-eight fragments from pots for domestic use (not amphoras) of the archaeological bed of «Cerro Macareno» (Sevilla) has been carried out by chemical, neutronic activation analysis, X-ray diffraction and thermal methods, in order to establish the nature and provenance of the raw materials and some technological aspects of its fabrication. The data obtained indicate that most of these pieces were manufactured from gross raw materials, carried by branches of the right bank of the Guadalquivir river, coming from the «Sierra Morena» mountains. Other pieces were made out finer raw materials similar to those used for amphoras also studied by us in a previous paper (1), from the aluvial deposit of the Guadalquivir river near Cerro Macareno.

While the majority of the pieces studied in this work were fired between 600 and 700°C, six of them were at 500-600°C, four at 700-750°C, and one at ca 800°C. It can also be concluded that the ancient potters of Cerro Macareno were less demanding in the selection of the raw materials and of the baking temperatures for the manufacturing of these pieces, than they were for the fabrication of the amphoras, as we discussed in that previous publication.

## Matières premières et renseignements technologiques D'Anciennes pièces céramiques appartenant au gisement archéologique de «Cerro Macareno» (Sevilla) (II).

On étudie la composition chimique et minéralogique, les matières premières de fabrication, les températures de cuisson et les transformations dans ce processus de 48 fragments céramiques de pièces de ménage (non d'amphores), du gisement archéologique de Cerro Macareno (Sevilla). On a utilisé des méthodes d'analyse chimique, d'analyse par activation neutronique, de diffraction de Rayons-X, de A.T.D. et des preuves de cuisson intermittente, de cent degrés en cent degrés, entre 400 et 1.100°C. On a analysé les variations chimiques et minéralogiques, ainsi comme les changements dans la couleur et l'aspect de pièces pendant de chauffage.

A partir des renseignements obtenus, on peut déduire que la plupart des pièces étudiées ont été fabriquées avec des matériaux grossiers, contenant beaucoup de quartz, feldspath et amphiboles, des sédiments apportés par les affluents du Guadalquivir, du côté de leur rive droite, depuis «Sierra Morena», jusqu'aux environs de «Cerro Macareno». Cependant, un petit nombre d'entre elles fut fabriqué avec des matériaux plus fins, analogues à ceux qui sont plus utilisés pour la fabrication des amphores — étudiées, dans le travail antérieur (1) —, et qui proviennent des sédiments alluviaux du Guadalquivir, dans les proximités du gisement archéologique. La plupart des pièces étudiées ont été originellement cuites à des températures comprises entre les 600 et les 700°C., six, entre les 500 et les 600°C., quatre, entre les 700 et les 750°C, et seulement que, à 800°C environ.

En général, les exigences des anciens potiers de «Cerro Macareno» autant pour la qualité des matières premières, comme pour la fixation de températures de cuisson plus adéquates, furent beaucoup moins nombreuses que pour la fabrication des amphores.

## Rohstoffe und technologische Daten antiker Keramikfragmente aus der archaologischen Fundstätte am Cerro Macareno (Provinz Sevilla) (II)

Es wird über eine Untersuchung der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung, der Rohstoffe sowie der Brenntemperaturen und Verarbeitungsprozesse von 48 Keramikfragmenten von hauslichen Töpferwaren (ausschließlich Amphoren) berichtet, die aus der archäologischen Fundstätte am Cerro Macareno (Provinz Sevilla) stammen. Verwendet wurden hierbei die Methoden der chemischen und Neutronenaktivierungsanalyse, Röntgenbeugung, A.T.D. sowie intermittierende Brennversuche, bei denen innerhalb des Temperaturintervalls von 400-1.100°C die Erhitzung stufenweise um jeweils 100°C erfolgte. Es wurden die chemischen und mineralogischen Veränderungen der Stücke ihrer Erhitzung verfolgt, desgleichen ihre Verfärbung und wechselnde Beschaffenheit. Die erhaltenen Ergebnisse lassen erkennen, daß die untersuchten Fragmente überwiegend aus minderwertigen Rohstoffen mit hohem Quarz-, Feldspat- und Amphibolgehalt hergestellt sind die in den Sedimenten enthalten sind die von den Nebenflüssen des Guadalquivir aus der Sierra Morena mitgeführt und an dessen rechtem Ufer in der Nähe von Cerro Macareno abgelagert wurden. Zur Herstellung einer kleineren Anzahl von Objekten wurden jedoch auch hochwertigere Materialien verwendet, vergleichbar denen, die für die in einer vorangegangenen Arbeit (1) behandelten Amphoren zum Einsatz gelangten; diese wurden ebenfalls den Flusssedimenten des Guadalquivir unweit der archäologischen Fundstätte entnommen. Die meisten der untersuchten Fragmente wurden ursprünglich bei Temperaturen von 600-700°C gebrannt, 6 bei 500-600°C, 4 bei 700-750°C und nur ein einziges Stück bei 800°C.

Zusammenfassend darf festgestellt werden daß die antiken Töpfer vom Cerro Macareno hinsichtlich der Qualität der verwendeten Rohstoffe als auch der Wahl angemessener Brenntemperaturen viel geringere Ansprüche bei hauslicher Töpferware als bei der Herstellung von Amphoren stellten.

(1) Original recibido el 3 de septiembre de 1984.

## 1. INTRODUCCION

En un trabajo anterior (1) se discutieron las materias primas y datos tecnológicos de un conjunto de piezas cerámicas antiguas, fragmentos de ánforas, del yacimiento arqueológico de Cerro Macareno (Sevilla), según datos obtenidos por técnicas diversas: químicas, ATD, difracción de rayos-X de muestras naturales y calentadas a temperaturas diversas hasta 1.100°C, análisis por activación neutrónica, etc.

Como se indicó en dicha comunicación, el yacimiento arqueológico de Cerro Macareno se encuentra situado a unos 9 Kms al N-NE de Sevilla, en la margen izquierda del Guadalquivir, cercano al río. Ha sido estudiado desde el punto de vista arqueológico por Pellicer y col. (2) y su cronología comprende desde el siglo VIII (a.C.) en la última etapa del Bronce final, a través del período «orientalizante» (siglos VII y VI a.C.), del «ibérico pleno» (siglos V y III a.C.), al «ibérico romano» (comienzos del siglo I a.C.).

Además de los fragmentos de ánforas ya estudiados, se han encontrado otros numerosísimos pertenecientes a objetos cerámicos de naturaleza diversa.

En la presente comunicación se da cuenta de los resultados obtenidos en el estudio de un conjunto seleccionado de estos fragmentos cerámicos «no ánforas», representativos de todo el perfil, obtenidos asimismo por métodos físicos, fisicoquímicos, de análisis térmico, difracción de rayos-X, etc. Estos fragmentos corresponden a vasijas y utensilios muy diversos y comprenden tanto piezas moldeadas a mano como hechas a torno, representativas de cerámica de retícula bruñida, cerámica incisa y digitada, cerámica gris occidental, etc.

## 2. MATERIALES Y METODOS

### 2.1. Descripción y preparación de las muestras

Para facilitar el examen y análisis de los datos obtenidos los fragmentos cerámicos se han dividido en tres grandes grupos atendiendo a su composición mineralógica.

**Grupo primero:** materiales cerámicos bastos que contienen abundantes anfíboles y feldespatos, pero en los que existen poca o moderadas cantidades de ilita, no conteniendo tampoco calcita y siendo ésta escasa y poco frecuente. Total, 29 muestras.

**Grupo segundo:** materiales cerámicos de aspecto más fino, conteniendo cantidades moderadas de ilita, junto con calcita en proporción media o abundante (con o sin dolomita), fabricadas al parecer con materias primas análogas a las empleadas en las ánforas estudiadas en un trabajo anterior. Total 8 muestras.

**Grupo tercero:** Materiales cerámicos conteniendo cantidades moderadas a medias e incluso importantes de ilita, pero sin calcita ni anfíboles. Total 11 muestras.

De cada fragmento seleccionado se separaron dos trozos, uno de los cuales se conservó como referencia, empleándose el otro para toda clase de estudios.

De los trozos a estudiar, una vez limpios con agua y cepillo blando, se separaron muestras que correspondían a las distintas capas identificadas en el corte. La división se realizó por fragmentación y separación con espátula cortante.

En la numeración de las piezas se ha seguido el mismo criterio que en el trabajo anterior, designando cada una de ellas por tres números, el primero de los cuales corresponde al nivel en que se encontró la pieza (numerados los niveles de menor a mayor profundidad y antigüedad, del 1 al 26); el segundo al fragmento de que se trata, dentro del mismo nivel, y el tercero a la capa a que corresponde la muestra, empleándose el 1 para la próxima a la cara exterior convexa, el 2 para la parte central del corte o sección y el 3 para la zona próxima a la cara cóncava. Si en un fragmento se distinguen sólo dos zonas, el número 1 se usa para la capa exterior convexa y el 2 para la interna cóncava. Asimismo, en caso de haber cuatro capas, se emplean los números 1, 2, 3 y 4 cuyo orden señala aquellas desde la más exterior, próxima a la cara convexa, a la interior o cóncava.

Las características de las muestras seleccionadas se mencionan en las tablas I a III.

### 2.2. Análisis químico

Se partió en cada caso de un gramo de material sólido secado a 110°C hasta peso constante.

La disolución de la muestra se realizó por etapas en cápsula de platino, con una mezcla ácida formada por ácidos nítrico, perclórico y fluorhídrico, dejando primero en reposo y evaporando luego a sequedad sobre placa calefactora. El residuo final del ataque triácido se disolvió con un ml. de ácido clorhídrico concentrado que se diluyó primero con poca agua y se pasó después a un matraz aforado y se enrasó.

En la disolución obtenida se determinaron hierro, aluminio, titanio, calcio, magnesio, cobalto, manganeso, níquel y cromo, por absorción atómica utilizando un espectrofotómetro Perkin Elmer 703. El sodio y el potasio se determinaron por espectrofotometría de emisión en el mismo instrumento. Para la determinación de la sílice se realizó una fusión alcalina de 0,5 gr de muestra (secada previamente a 110°C) con carbonato sódico anhidro en un crisol de platino, tratando después el fundido, enfriando, con ácido clorhídrico, evaporando dos veces a sequedad, tratando de nuevo con ácido, filtrando, incinerando en crisol de platino y calcinando a 900°C hasta peso constante.

### 2.3. Análisis térmico diferencial

Este tipo de análisis se realizó en las muestras en las que se estimó necesario, empleando un aparato Stanton Redcroft modelo 673-4. Se utilizó alúmina calcinada como material de referencia y se empleó una velocidad de calentamiento de 15°C por minuto.

### 2.4. Difracción de rayos-X

Se empleó el método de diagramas de polvo, empleando un aparato Philips PW 1730, con goniómetro y radiación  $\text{CuK}\alpha$ . Las reflexiones se recogen en un contador proporcional que las pasa al registro gráfico correspondiente. Las intensidades relativas se expresan como  $I/I_0$ .

En la mayoría de las muestras se realizó además una estimación semicuantitativa de los minerales identifica-

TABLA I

## DESCRIPCION DE MUESTRAS DE FRAGMENTOS CERAMICOS DE «NO ANFORAS», DE CERRO MACARENO (SEVILLA)

Número	Período	Cronología años a.C.	Características
6-11-1	Ibérico final	250	Muy tosca; pasta muy oscura y de aspecto uniforme.
7-14-1	Ibérico pleno	275	Muy tosca; pasta muy oscura con granos minerales blancos.
10-18-1	»	»	Zona oscura exterior de una pieza algo tosca.
12-14-1	»	385	Trozo semiplano; pasta de color pardo rojizo oscuro.
16- 4-1	Protoibérico (transición)	475	Pieza cóncava muy grosera con abundantes granos minerales; zona pardo rojiza exterior.
16- 4-2	»	»	Parte interna gris del fragmento anterior.
18- 2-1	»	525	Borde de un plato; pardo rojizo oscuro, con abundantes granos minerales blancos.
18- 2-2	»	»	Zona central más oscura del fragmento anterior.
21- 2-1	Orientalizante	600	Borde de vasija; cerámica rojiza con abundantes granos minerales claros; zona rojiza cara exterior.
21- 2-2	»	»	Zona central más oscura del fragmento anterior.
21- 2-3	»	»	Zona rojiza de la cara interior del mismo fragmento.
22- 5-1	Orientalizante	»	Fondo y parte lateral de una vasija; muy tosca; zona roja junto a las caras.
22- 5-2	»	»	Zona interior negruzca de la pieza anterior.
24- 7-1	»	675	Pieza cóncava digitada; color pardo oscuro; uniforme.
25- 3-1	»	»	Base de vasija tosca; cerámica oscura con granos minerales blancos; zona gris oscura.
25- 3-2	»	»	Zona pardo grisácea del fragmento anterior.
25- 4-1	»	»	Borde de vasija cóncava; cerámica rojiza con granos minerales blancos; zona exterior rojizo oscura.
25- 4-2	»	»	Parte central gris oscura de la pieza anterior.
26- 1-1	Bronce final	700	Parte superior de vasija; espatulada; zona rojiza exterior.
26- 1-2	»	»	Zona oscura central de la pieza anterior.
26- 3-1	»	»	Parte superior de vasija; espatulada; cerámica parduzca; zona oscura.
26- 3-2	»	»	Zona rojiza de la pieza anterior.
26- 4-1	»	»	Trozo de carena (*); muy tosca; se observan algunos granos minerales; zona oscura.
26- 4-2	»	»	Zona rojiza de la pieza anterior.
26- 9-1	»	»	Trozo de carena; cerámica grisácea-rojiza con granos minerales blancos y oscuros; zona de la cara anterior rosácea.
26- 9-2	»	»	Zona interna gris de la pieza anterior.
26- 9-3	»	»	Zona marrón claro de la misma pieza.
26-10-1	»	»	Borde de plato. Cerámica fina; gris rojiza con granos minerales; zona pardo rojiza.
26-10-2	»	»	Zona gris de la pieza anterior.

\* Carena: zona de la vasija en que la misma cambia de convexa a cóncava.

dos, utilizando los poderes reflectantes de cada uno dados por Galán sobre la base de cuarzo = 1,5 (3).

### 2.5. Análisis por activación neutrónica

En un conjunto de muestras se determinó el contenido en lantano, hierro, cromo, torio, escandio, cobalto y europio por activación neutrónica por irradiación en tubo vertical en el reactor nuclear JEN-1 de Madrid, con un flujo neutrónico de  $5 \times 10^{11}$  neutrones por  $\text{cm}^2$  y segundo a una potencia de operación del reactor de 3 Mw durante 24 horas. Los resultados son especialmente útiles para la determinación de la procedencia tanto de las piezas (local o importada) como de las arcillas con que se fabricaron, y han sido objeto de una publicación global

anterior (4), a pesar de lo cual algún aspecto de interés espacial se comentará en el lugar correspondiente de este trabajo.

### 2.6. Estudio térmico (pruebas de cocción intermitente)

Por observación de los cambios (en especial de color en el corte) que ocurren en el calentamiento o cocción intermitente de fragmentos no molidos y su comparación con el original como referencia, se obtiene información complementaria sobre las temperaturas probables y procesos de cocción utilizados en la fabricación de estos materiales.

Para este estudio, un pequeño trozo separado por fractura de cada pieza cerámica se introdujo en un horno

eléctrico y se sometió a calentamiento intermitente de 100 en 100 °C durante una hora a cada temperatura de las comprendidas entre 400 y 1.100°C, ambas inclusive.

En un grupo de ocho muestras de los niveles 2 a 24 se obtuvieron diagramas de difracción de rayos-X de los materiales sólidos después de calentarlos durante una

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Análisis químico

La tabla IV contiene los datos de análisis químico de algunas muestras más representativas del conjunto con-

TABLA II			
DESCRIPCION DE MUESTRAS DE FRAGMENTOS CERAMICOS «NO ANFORAS», DE CERRO MACARENO (SEVILLA). SEGUNDO GRUPO.			
Número	Período	Cronología años a.C.	Características
4-11-1	Ibero-romano	225	Trozo plano; pasta pardo rojizo oscura; muestra unificada.
7-13-1	Ibérico pleno	275	Borde de cuenco; cerámica fina; zona rojiza de la pieza.
7-13-2	»	»	Zona gris central de la pieza anterior.
12- 7-1	»	385	Borde de plato semicóncavo; cerámica rojizo oscura; muestra unificada.
12-11-1	»	»	Cerámica semicóncava; atípica. Pasta cerámica amarillenta; muestra unificada.
16-15-1	Protoibérico	475	Trozo de cerámica gris occidental muy lisa; muestra unificada.
17- 2-1	»	500	Trozo de cerámica gris occidental; algo cóncava; muestra unificada.
24- 5-1	Orientalizante	675	Borde de vasija; muy tosca; cerámica rojiza oscura, granos minerales blancos; muestra unificada.

TABLA III			
DESCRIPCION DE MUESTRAS DE FRAGMENTOS CERAMICOS «NO ANFORAS», DE CERRO MACARENO (SEVILLA). TERCER GRUPO.			
Número	Período	Cronología años a.C.	Características
2-11-1	Ibero-romano	200	Cerámica pasta gris oscura, con mica abundante; muestra unificada.
8-10-1	Ibérico pleno	300	Trozo cerámica pardo rojizo oscura con granos minerales blancos; muestra unificada.
9-15-1	»	»	Pieza semiplana, pasta rojizo oscura; muestra unificada.
19- 5-1	Proto-ibérico	575	Trozo tosco con las caras lisas; pasta grisácea con granos minerales blancos; muestra unificada.
21- 9-1	Orientalizante	600	Borde de vasija; pasta rojiza; cerámica hecha a torno; parte de la pieza rojiza externa.
21- 9-2	»	»	Zona interna más oscura de la pieza anterior.
25- 7-1	»	675	Trozo de cerámica oscura, tosca; abundantes minerales micáceos y blancos; muestra unificada.
25-22-1	»	»	Pieza cóncava digitada. Pasta cerámica con trozos rojizos y oscuros y granos minerales blancos y grises; zona negra junto a la cara exterior.
25-22-2	»	»	Zona interna roja de la pieza anterior.
25-22-3	»	»	Zona interior oscura de la misma pieza.
25-22-4	»	»	Zona roja junto a la cara interior.

hora a 700, 900 y 1.100°C, con el fin de estudiar la transformación de los minerales presentes en la muestra original y obtener mayor precisión en la determinación de las temperaturas de cocción empleadas en su fabricación.

siderado, ordenadas de menor a mayor profundidad en el perfil.

No se observa ninguna variación regular en los contenidos de sílice (45,30% al 68,40%) ni de alúmina

(10,67% al 19,94%), habiendo en esta última siete muestras que superan el 14%, cuatro de las cuales corresponden al grupo primero y tres al tercero, pudiendo señalarse que, en general, el contenido más bajo de este componente se encuentra en las del segundo. La proporción de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  varía entre el 4,13 y el 8,86%, superando el 6% seis muestras, de las que cuatro pertenecen al grupo primero, y dos al tercero. También aquí el contenido más bajo se encuentra en las muestras del grupo segundo. El contenido en titanio varía desde el 0,55 al 1,25% de  $\text{TiO}_2$ . El contenido en calcio expresado como  $\text{CaO}$  varía entre 1,26 y 14,34%. Dos muestras pertenecientes al grupo segundo contienen 14,34 y 5,60%, variando el de las restantes entre el 1,40 y el 4,69%, con excepción de una del

4,52%, haciéndolo el  $\text{K}_2\text{O}$  entre el 0,92 y el 2,90% y el  $\text{Na}_2\text{O}$  entre el 0,51 y el 2,80% y siendo en el primer grupo la proporción de  $\text{Na}_2\text{O}$  más elevada que la del  $\text{K}_2\text{O}$ , ocurriendo lo contrario en los grupos segundo y tercero.

Finalmente las pérdidas por calcinación más altas se encuentran en muestras del grupo segundo (contienen  $\text{CaCO}_3$ ), variando desde bajas (1,59 y 3,50%) hasta elevadas (9,40 y 10,40%) en las del segundo y tercero.

### 3.2. Análisis por activación neutrónica

La tabla V contiene los datos obtenidos por activación neutrónica para nueve muestras de las incluidas en este trabajo.

TABLA IV

ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS «NO ANFORAS», DE CERRO MACARENO (SEVILLA)

	2-11-1	4-11-1	7-13-2	8-10-1	9-15-1	10-18-1	12-7-1	21-9-1	21-9-2	22-5-2	24-7-1	25-3-2
$\text{SiO}_2$	60,2	63,2	46,20	66,80	57,30	68,40	63,70	64,80	62,80	56,20	45,30	63,40
$\text{Al}_2\text{O}_3$	19,94	11,78	12,95	12,99	14,50	14,16	10,67	13,30	14,27	17,20	17,50	17,24
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	8,72	5,22	4,86	5,80	8,57	6,00	4,13	5,50	5,86	8,86	8,06	7,00
$\text{TiO}_2$	0,80	0,76	0,60	0,55	1,16	0,92	0,60	0,65	0,68	1,12	1,25	0,79
$\text{CaO}$	1,26	4,48	14,34	1,47	3,36	3,50	5,60	1,60	1,40	4,69	8,82	4,34
$\text{MgO}$	1,66	1,07	2,85	2,48	0,99	2,24	2,19	1,25	1,48	2,80	5,67	2,15
$\text{K}_2\text{O}$	2,79	1,47	2,04	2,16	1,72	1,71	1,88	1,94	2,90	1,43	0,92	1,24
$\text{Na}_2\text{O}$	0,69	1,17	0,51	0,64	2,80	1,48	0,62	1,86	0,63	2,42	1,97	1,89
P. calc.	5,35	11,40	14,60	9,20	10,10	1,59	9,93	9,30	8,82	4,80	9,40	3,50
Total	101,41	100,55	98,95	102,09	100,50	100,00	99,32	100,20	98,85	99,52	98,89	101,55

TABLA V

DATOS DE ANÁLISIS POR ACTIVACION NEUTRONICA PARA NUEVE MUESTRAS DE FRAGMENTOS CERAMICOS (NO ANFORAS) DE CERRO MACARENO, SEVILLA. ( $\mu\text{g/g}$ )

	8-10-1	16-15-1	17-2-1	19-5-1	21-9-1	22-5-2	23-2-2	25-3-2	26-9-3
La	45,5	38,2	40,1	37,5	48,9	26,6	10,2	18,1	16,7
Fe	38357	22546	31860	50696	23216	40789	73202	62906	55269
Cr	97,6	68,5	97,4	74,4	75,8	118,2	311,3	89,5	70,4
Th	10,1	6,5	9,2	7,7	9,2	3,9	1,6	3,9	3,0
Sc	11,7	7,5	10,2	22,9	11,1	19,6	18,8	21,9	15,1
Co	7,72	4,38	5,92	5,71	6,39	9,11	19,44	10,88	10,30
Eu	1,58	0,94	1,24	1,72	1,10	1,33	1,44	1,19	1,01
Grupo	3. <sup>o</sup>	2. <sup>o</sup>	2. <sup>o</sup>	3. <sup>o</sup>	3. <sup>o</sup>	1. <sup>o</sup>	1. <sup>o</sup>	1. <sup>o</sup>	1. <sup>o</sup>

primer grupo. En total el contenido más alto en  $\text{CaO}$  corresponde a las muestras del grupo segundo (que contienen calcita) y el más bajo a las del primero.

Los porcentajes de  $\text{MgO}$  oscilan entre 0,99 y 2,85%, correspondiendo los valores más altos a las muestras del primer grupo que contienen anfíboles y los más bajos a las del tercero. En lo que concierne a los álcalis, el contenido total expresado como  $\text{M}_2\text{O}$  varía entre el 2,50 y el

De cinco de las nueve muestras citadas existen también datos de análisis por absorción atómica. En una de ellas (8-10-1) el valor del contenido de hierro, calculado como  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  es análogo por ambos métodos, mientras que en otras tres (16-15-1, 21-9-1 y 22-5-2) el obtenido por activación neutrónica es ligeramente inferior y en la quinta (25-3-2) algo más alto que el hallado por absorción atómica.

Es de notar el mayor contenido en hierro de las muestras del grupo primero incluidas en la tabla V, al que corresponden asimismo contenidos en cromo y, sobre todo, en cobalto, superiores a los del resto de la tabla, como cabría esperar por razones geoquímicas. Estas muestras tienen asimismo bajo contenido en torio y en lantano y, con una excepción (muestra 23-2-2), bajas o medias proporciones de europio. Las muestras del grupo tercero tienen contenidos medios de hierro y asimismo de cromo y cobalto, pero poseen proporciones más bien elevadas de torio y lantano y altas o medias de europio.

Finalmente las muestras del grupo segundo, son bajas en hierro, cromo y cobalto, altas en torio y lantano y medias de europio.

Cuando se compara la relación  $\text{Eu}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$  (el pri-

zas a que corresponden estas cinco muestras proceden de uno o varios yacimientos cercanos, pero no inmediatos, a Cerro Macareno, situados probablemente en las zonas de arrastres metamórficos del río Rivera de Huelva, afluente del Guadalquivir por su margen derecha, que atraviesa áreas de anfibolitas y otras rocas metamórficas, y cuya desembocadura en el Guadalquivir distaría en aquellos tiempos unos tres Km de Cerro Macareno; o bien de las proximidades de Guillena, población cercana al mismo afluente. En todas estas zonas hemos encontrado arcillas semejantes a las que pudieron servir para fabricar las citadas piezas.

Todos los datos de análisis disponibles sugieren que las piezas a que corresponden las muestras 16-15-1 y 17-2-1 están fabricadas con arcillas calcáreas de las inmedia-

TABLA VI

## Datos de difracción de rayos X. Primer grupo

6-11-1		7-14-1		10-18-1		12-14-1		16-4-1		16-4-2	
d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>
10,07	20	9,82	15	10,5	4	9,6	34	9,8	10	9,5	20
8,58	46	8,50	16	8,83	21	8,50	41	8,50	37	8,42	30
6,43	17	6,41	19	5,30	10	7,36	16	4,52	12	6,41	19
4,28	14	4,50	9	4,26	25	4,55	15	4,28	23	4,48	10
4,07	11	4,28	41	3,76	8	4,28	19	4,04	14	4,24	23
3,78	8	3,78	17	3,56	4	4,07	15	3,89	14	4,03	9
3,70	17	3,66	14	3,34	100	3,76	30	3,64	24	3,74	19
3,34	47	3,34	85	3,21	26	3,34	60	3,34	100	3,45	21
3,20	100	3,25	25	3,17	46	3,28	25	3,19	96	3,34	90
3,14	33	3,20	100	2,93	8	3,19	100	3,11	22	3,19	100
2,95	9	2,93	8	2,79	8	3,13	55	3,04	12	3,13	44
2,82	8	2,83	8	2,44	15	2,95	27	2,94	8	2,93	20
2,35	9	2,46	12	2,28	12	2,72	22	2,59	13	1,81	26
2,17	11	2,28	7	2,12	11	2,53	13	2,45	14	1,54	14
1,82	12	2,13	11	2,07	11	2,45	14	2,28	13		
1,54	6	1,82	19	1,81	14	1,88	7	2,13	21		
		1,54	38	1,54	13	1,81	7	1,82	20		
						1,54	7	1,54	11		

mero expresado en ppm y el segundo en %), de estas muestras, con las de fragmentos de ánforas y las de muestras de distinta procedencia (Palestina, Egipto, Grecia, etc.) o cuando se incluyen unas y otras muestras en un diagrama triangular obtenido del contenido en Fe, Sc, Co, Th, Cr y Eu expresado en % de las medias geométricas de pares sucesivos de estos elementos (4), todas las arcillas con materiales metamórficos (las cuatro del grupo primero y la 19-5-1) aparecen totalmente alejadas del resto y de las muestras de Palestina, Egipto, etc. Algunas como la 25-3-2 y 26-9-3 tienen diagramas de difracción muy análogos por lo que parece que podrían proceder del mismo yacimiento, si bien tienen valores bastante diferentes de la relación europio/hierro. Algo análogo podría decirse de las tres restantes. Sin embargo, por todas las características generales de estos materiales, estimamos que las arcillas con que se fabricaron las pie-

ciones de Cerro Macareno, muy cerca del propio yacimiento arqueológico.

Finalmente, las muestras 8-10-1 y 21-9-1, ambas del grupo tercero, difieren bastante en la relación europio/hierro y se separan en el diagrama ternario de las restantes. Parece que estas piezas se fabricaron con materiales groseros que no guardan relación con los descritos en este apartado.

### 3.3. Datos de difracción de rayos-X

Las tablas VI a VIII contienen los datos de difracción de rayos-X de las 48 muestras de fragmentos cerámicos que se estudian en este trabajo.

Todas las muestras del primer grupo contienen cuarzo en cantidades muy importantes, excepto siete de

ellas (6-11-1; 24-7-1; 25-4-1; 25-4-2; 26-3-1; 26-3-2 y 26-10-1) en las que este componente es escaso. Los anfíboles están presentes en todas las muestras de este grupo en cantidades apreciables o importantes, siendo abundantes en bastantes de ellas (12-14-1; 16-4-1; 18-2-2; 21-2-1; 21-2-2; 21-2-3; 24-7-1; 25-4-1; 25-4-2 y 26-3-2). Al menos en catorce muestras (7-14-1; 12-14-1; 18-2-1; 22-5-2; 24-7-1; 26-1-1; 26-1-2; 26-3-1; 26-3-2; 26-4-2; 26-9-1; 26-9-2; 26-9-3 y 26-10-2) se han identificado feldespatos alcalinos (potásicos); en algunas de ellas en proporción impor-

difracciones características de este mineral, desaparecen. Sobre este punto se insistirá más adelante.

Todas las muestras del segundo grupo, contienen calcita, en su mayoría en proporciones medias y algunas en proporción elevada (12-11-1; 16-15-1 y 17-2-1). Asimismo, siete de las ocho muestras de este grupo contienen illita, la mayoría en proporciones bajas o medias y una de ellas (12-11-1) en cantidad importante. El cuarzo es abundante en todas las muestras que, además, contienen feldespatos, ya alcalinos (potásicos) (4-11-1; 7-13-2;

**TABLA VI (continuación)**

18-2-1		18-2-2		21-2-1		21-2-2		21-2-3		22-5-1	
d(A)	I/I <sub>0</sub>										
9,7	16	10,05	23	9,6	15	9,5	15	90,6	15	9,6	15
8,45	18	8,45	40	8,49	46	8,58	40	8,50	44	8,42	12
8,41	19	6,43	12	6,41	18	6,41	16	6,45	18	6,41	8
4,50	10	4,48	10	4,51	10	4,50	10	4,50	15	4,27	29
4,26	16	4,26	18	4,28	45	4,28	40	4,26	31	4,03	14
4,05	8	4,04	14	4,05	16	4,07	15	4,06	15	3,76	13
3,78	19	3,67	19	3,67	20	3,67	20	3,79	10	3,34	100
3,34	66	3,34	92	3,34	100	3,34	100	3,34	100	3,18	94
3,25	20	3,19	100	3,19	98	3,21	90	3,21	85	3,13	43
3,19	100	3,13	62	3,13	45	3,13	40	3,18	44	2,93	17
3,13	30	2,93	17	2,93	20	2,93	10	3,06	15	2,45	19
2,93	16	2,71	18	2,45	15	2,56	15	2,93	18	1,82	10
1,82	10	2,28	12	1,82	15	1,82	17	2,72	12	1,54	24
1,54	17	2,13	15	1,54	11	1,54	13	1,82	17		
		1,82	15					1,54	13		
22-5-2		24-7-1		25-3-1		25-3-2		25-4-1		25-4-2	
d(A)	I/I <sub>0</sub>										
9,8	47	9,57	45	9,8	19	9,8	10	8,50	100	9,06	6
8,54	20	8,41	90	8,58	25	8,49	17	6,41	10	8,50	100
6,41	16	6,40	16	4,28	30	6,36	8	4,50	20	6,43	10
4,50	12	4,50	12	4,07	16	4,26	25	4,04	21	4,5	16
4,26	20	4,03	20	3,76	20	4,04	17	3,72	21	4,03	25
4,03	14	3,76	16	3,36	98	3,76	21	3,37	20	3,76	26
3,78	22	3,26	38	3,19	100	3,34	96	3,34	25	3,36	22
3,68	27	3,17	100	3,13	59	3,18	100	3,18	90	3,34	26
3,34	100	3,11	92	3,02	13	3,13	52	3,11	82	3,18	100
3,24	27	2,93	26	2,94	23	2,94	20	2,93	21	3,11	95
3,20	80	2,70	23	2,61	15	2,84	7	2,89	10	3,01	27
3,13	43	2,53	16	2,52	12	2,52	16	2,71	14	2,94	29
2,94	12	2,15	15	2,28	19	2,46	14	1,83	5	2,80	16
2,72	6	1,65	26	1,86	20	2,28	10			2,71	21
2,45	13			1,57	15	1,81	17			2,14	5
2,28	22					1,54	13			1,64	8
2,13	8									1,57	7
1,54	20										

tante. Asimismo, existen plagioclasas prácticamente en todas las muestras, siendo abundantes en la mayoría de las 29 que componen este grupo. Se ha comprobado la existencia de difracciones de illita o de mica (9, 6-10 Å) en veinticinco muestras, siendo abundante en seis de ellas (12-4-1; 22-5-2; 24-7-1; 26-1-1; 26-1-2 y 26-4-1) y escasa en las restantes. La presencia de illita es indicadora de temperaturas de cocción inferiores a 950°C a las que las

12-11-1; 16-15-1 y 24-5-1) o, en general, plagioclasas. La presencia de carbonato cálcico indica temperaturas bajas de cocción de estos materiales.

Finalmente, en lo que se refiere al tercer grupo, todas las muestras poseen abundante cuarzo, así como illita desde proporciones bajas (8-10-1; 21-9-1; 25-22-1; 25-22-2; 25-22-3; y 25-22-4) hasta elevadas (19-5-1; 25-7-1). Todas ellas contienen asimismo feldespatos, ya alcalinos

(potásicos) (2-11-1; 8-10-1; 19-5-1; 21-9-1; 25-22-1; 25-22-2; 25-22-3 y 25-22-4), o bien plagioclasas en proporción desde escasa o media hasta abundante (estas últimas, sobre todo en las 9-15-1 y 25-7-1). En algunas muestras parecen existir anfíboles en proporción escasa.

Aunque no es posible establecer la composición mineralógica precisa de muestras tan complejas, hemos realizado una aproximación semicuantitativa de la misma a partir del estudio de las intensidades de las difracciones de rayos-X, completada también para los grupos homogéneos con la consideración de los poderes reflectantes de los distintos componentes según Galán y col. (3).

Los datos de esta aproximación que tiene sobre todo un carácter comparativo, se dan en la tabla IX.

Como resumen puede concluirse que la presencia generalizada, con frecuencia en proporciones abundantes, de anfíbolese, feldespatos y cuarzo y la menor abundancia, aunque existe en casi todas las muestras, de ilita, es la característica principal de las del primer grupo. Podría decirse que las piezas correspondientes, todas ellas de uso doméstico, vasijas de cocina, platos, etc., están fabricadas con materiales mucho más bastos y groseros (lo que se observa en el mismo aspecto de los fragmentos) que los empleados para las ánforas, estudiadas en (1), lo que debe atribuirse a la menor exigencia de

TABLA VI (continuación)

26-1-1		26-1-2		26-3-1		26-3-2		26-4-1		22-4-2	
d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>
10,04	40	10,0	45	8,62	21	9,20	12	9,8	30	9,7	9
8,53	11	8,66	11	6,50	8	8,58	41	8,50	20	8,49	13
6,5	11	6,5	14	4,70	10	6,60	6	6,41	6	6,5	8
4,27	27	4,28	21	4,26	19	4,28	21	4,27	20	4,90	5
4,06	18	4,08	10	4,06	25	4,10	29	4,03	14	4,50	7
3,78	16	3,70	19	3,76	36	3,81	35	3,89	4	4,38	7
3,68	16	3,37	100	3,34	47	3,34	47	3,76	11	4,09	14
3,34	100	3,26	36	3,23	100	3,23	88	3,66	13	3,93	7
3,25	27	3,20	80	3,21	91	3,20	100	3,34	100	3,79	13
3,20	77	3,07	5	3,16	46	3,16	80	3,18	80	3,68	12
3,01	6	3,01	5	3,08	32	2,97	37	3,13	46	3,34	100
2,95	14	2,95	10	2,96	21	2,82	12	2,94	16	3,24	32
2,55	13	2,87	6	2,83	10	2,76	26	2,52	12	3,22	46
2,48	12	2,55	21	2,66	13	2,53	36	2,45	11	3,14	44
2,46	12	2,47	18	2,53	29	1,81	6	2,28	6	2,96	10
2,13	15	2,13	13	2,28	10	1,68	11	1,81	11	2,67	5
1,82	17	1,82	9	1,82	7			1,54	13	2,47	8
1,54	12	1,55	3	1,54	6					2,29	12
										2,13	9
										1,82	13
										1,54	10
26-9-1		26-9-2		26-9-3		26-10-1		26-10-2			
d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>		
9,21	6	8,66	13	9,6	6	10,10	5	8,58	43		
8,67	16	6,50	7	8,58	12	8,58	33	6,50	9		
7,13	16	4,29	18	6,5	5	5,66	15	4,49	18		
6,50	16	4,09	13	4,27	21	4,28	22	4,27	17		
4,27	22	3,78	11	4,06	13	4,04	23	4,05	14		
4,09	18	3,42	20	3,78	21	3,76	29	3,91	11		
3,93	13	3,34	100	3,67	11	3,65	28	3,76	29		
3,78	17	3,24	50	3,34	100	3,36	56	3,35	82		
3,67	13	3,21	69	3,24	50	3,20	100	3,23	100		
3,47	21	3,14	24	3,21	61	3,14	55	3,21	70		
3,34	100	2,94	5	3,11	26	2,94	29	3,14	44		
3,24	37	2,73	3	2,94	16	2,78	27	2,95	22		
3,21	51	2,54	9	2,72	8	2,53	15	2,72	13		
3,13	19	2,28	7	2,54	9	1,81	11	2,54	14		
2,96	19	1,82	13	2,28	13	1,54	8	1,67	13		
2,88	13	1,54	7	1,82	14			1,54	6		
2,72	8			1,54	9						
2,53	13										
2,47	11										
1,81	15										
1,54	10										

calidad que en estas últimas, de tanta importancia comercial. Materiales groseros son asimismo, y así es en general el aspecto de las piezas correspondientes, los de las muestras del segundo grupo, con gran abundancia de cuarzo y feldespatos. Y sólo algunas de las piezas a que corresponden las muestras del grupo tercero tienen aspectos algo más fino, siendo otras asimismo groseras.

Como se indicó en otro lugar, los materiales del primer grupo de muestras deben proceder de las zonas próximas a la desembocadura del Rivera de Huelva, afluente de la margen derecha del Guadalquivir, que procede de Sierra Morena, en la que atraviesa una intensa zona de rocas ígneas y metamórficas, entre ellas anfíbolitas y que se unía al río principal en las cercanías de Cerro Macareno. Tal vez una procedencia semejante, en otras zonas próximas, deben tener los materiales de las muestras del grupo tercero, asimismo con mucho cuarzo y feldespato e incluso con presencia, en algunos casos, de anfíboles.

Finalmente, los materiales del grupo segundo, guardan más analogía con los usados en la fabricación de ánforas, y deben proceder de las inmediaciones del propio Cerro Macareno.

### 3.4. Análisis térmico diferencial

Las figuras 1 y 2 contienen los diagramas de A.T.D. realizados a 17 muestras, diez de las cuales pertenecen al primer grupo, tres al segundo y cuatro al tercero.

Los diagramas de las muestras del primer grupo presentan escaso interés, mostrando sólo un efecto endotérmico a temperaturas muy bajas (pérdida de agua retenida en los poros y en la superficie de las partículas), el debido a la inversión  $\alpha \rightarrow \beta$  del cuarzo a 570-575°C y, a veces, un efecto también endotérmico a altas temperaturas, tal vez debido a la deshidroxilación de anfíboles.

También tienen escasa significación los registros de

**TABLA VII**

**Datos de difracción de rayos X. Segundo grupo**

4-11-1		7-13-1		7-13-2		12-7-1	
d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>
10,04	13	10,2	7	10,2	3	10,09	4
5,06	3	5,03	4	5,10	3	5,03	4
4,50	10	4,54	4	4,54	6	4,50	12
4,26	17	4,26	20	4,26	22	4,26	21
3,72	7	3,80	5	3,34	100	3,68	5
3,34	100	3,34	100	3,26	12	3,34	100
3,24	21	3,21	15	3,21	14	3,21	17
3,20	23	3,03	24	3,04	31	3,03	10
3,02	12	2,46	7	2,46	8	2,89	5
2,57	6	2,28	8	2,28	10	2,56	9
2,28	6	2,13	5	2,24	5	2,46	13
2,13	7	2,10	5	2,13	7	2,48	8
1,81	14	1,82	12	2,10	6	2,13	6
1,54	6	1,67	10	1,87	7	2,10	2
		1,54	8	1,82	14	1,82	13
				1,54	7	1,54	12
12-11-1		16-15-1		17-2-1		24-5-1	
d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>
10,04	27	10,1	16	4,26	25	9,6	15
7,31	4	7,2	6	4,03	5	6,45	14
5,03	5	4,5	12	3,34	100	5,03	5
4,28	28	4,26	18	3,22	32	4,28	27
4,09	15	3,86	7	3,19	34	4,03	33
3,73	29	3,68	5	3,03	51	3,78	25
3,34	100	3,34	100	2,83	11	3,68	30
3,23	82	3,25	23	2,49	19	3,34	77
3,04	47	3,21	19	2,45	13	3,24	35
3,00	50	3,03	52	2,28	18	3,19	100
2,87	19	2,89	16	2,23	10	3,00	35
2,28	15	2,28	16	1,90	15	2,94	31
2,13	13	2,24	5	1,82	11	2,56	16
2,09	11	2,13	4	1,54	15	2,13	19
1,82	21	2,09	11			1,81	14
1,54	13	1,98	5			1,78	19
		1,82	14			1,78	19
		1,82	14				
		1,54	6				

las muestras del grupo tercero, dominados asimismo por la presencia del cuarzo, si bien las cuatro muestras presentan un pequeño (en un caso de mayor intensidad) efecto endotérmico a 700-800°C que podría deberse a ilitas no totalmente destruidas, que se encuentran en estas muestras en proporción apreciable.

Finalmente, los diagramas de las muestras, del

importantes de carbonato cálcico en estas piezas sugiere temperaturas bajas de cocción, inferiores a 800-850°C.

### 3.5. Estudio térmico. Pruebas de cocción

Cuando fragmentos de piezas cerámicas que se fabricaron por cocción a temperaturas bajas o moderadas, se

TABLA VIII											
Datos de difracción de rayos X. Tercer grupo											
2-11-1		8-10-1		9-15-1		19-9-1		21-9-1		21-9-2	
d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>
10,33	20	9,93	7	9,6	23	9,7	23	10,09	5	10,09	9
5,0	18	4,50	8	8,10	12	6,43	5	5,02	2	6,40	4
4,28	32	4,28	29	6,45	5	4,50	9	4,50	13	5,03	4
3,34	100	3,34	100	4,24	8	4,28	9	4,26	26	4,51	10
3,27	10	3,24	29	4,03	6	4,04	4	3,78	4	4,26	17
2,53	19	3,21	4	3,64	10	3,78	5	3,34	100	3,78	4
2,50	15	2,46	8	3,34	100	3,68	5	3,21	20	3,34	100
2,29	21	2,13	8	3,19	90	3,24	10	2,56	7	3,24	23
2,24	24	1,98	6	2,96	6	3,19	64	2,45	14	3,19	21
2,14	37	1,82	12	2,26	6	3,00	4	2,28	7	2,58	10
1,82	10	1,54	11	2,50	10	2,94	6	2,24	5	2,46	10
1,54	10			2,13	6	2,45	3	2,13	9	2,29	7
				1,97	4	2,28	4	1,98	5	2,24	3
				1,81	10	2,13	5	1,82	11	2,13	8
						1,81	8	1,54	10	1,82	10
						1,54	8			1,54	6
27-7-1		25-22-1		25-22-2		25-22-3		25-22-4			
d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>
9,94	55	10,05	4	9,9	12	10,1	3	10,05	3		
9,94	55	10,05	4	9,9	12	10,1	3	10,05	3		
6,34	14	9,1	9	9,1	9	6,5	4	9,02	3		
4,45	5	8,50	4	7,6	8	4,5	14	4,48	11		
4,26	23	7,10	8	6,5	8	4,28	19	4,26	30		
4,03	10	6,43	4	4,5	18	3,70	4	3,96	3		
3,75	11	4,5	8	4,26	30	3,34	100	3,68	3		
3,67	14	4,28	32	4,03	6	3,24	23	3,34	100		
3,34	100	4,09	6	3,93	6	3,18	17	3,24	20		
3,24	20	3,79	4	3,76	6	2,45	8	3,20	18		
3,18	82	3,68	4	3,47	8	2,28	5	2,45	9		
2,92	14	3,34	100	3,34	100	2,13	6	2,28	6		
2,60	7	3,25	32	3,23	35	1,98	4	2,13	9		
2,45	12	3,22	30	3,21	15	1,82	20	1,98	5		
2,28	8	3,13	17	2,45	13	1,54	6	1,82	11		
2,13	8	2,46	10	2,28	9			1,54	8		
1,82	16	2,28	8	2,13	11			1,54	8		
1,54	5	2,13	6	1,82	16						
		1,98	9	1,67	7						
		1,82	14	1,54	9						
		1,54	11								

segundo grupo presentan como principal efecto endotérmico el debido a la descomposición de la calcita que se extiende desde 750 a cerca de 900°C, particularmente acentuado en la muestra 16-15-1 que, según los datos de difracción de rayos-X, contiene una proporción importante de este componente. La presencia de cantidades

someten a calentamiento en horno de mufla a temperaturas crecientes y éstas superan a aquellas en que fueron cocidas, ocurren una serie de procesos que abarcan desde descomposición de materiales no destruidos totalmente en la cocción primitiva (deshidroxilación de arcillas, descomposición de carbonatos alcalinotérreos, etc.) a a for-

mación de nuevos compuestos por reacciones en estado sólido entre materiales ácidos y básicos, o entre los productos de descomposición de ciertos minerales y los existentes en la muestra o formados asimismo por otras descomposiciones. Estos cambios en la composición mineralógica con el nuevo calentamiento, suministran información útil acerca de las temperaturas probables de cocción de las muestras originales.

como ocurriría en los talleres del hombre primitivo, daría lugar a desigualdades para las distintas partes o zonas de una misma pieza que se muestran, por lo general, por colores y aspecto diferentes, rojos o claros, oscuros o grises, etc., en las secciones correspondientes como se vio al realizar la descripción de las que aquí se tratan (tablas I, II y III). Si fragmentos de estas piezas se someten a calentamiento a temperaturas crecientes, la observación cuidadosa del cambio de aspecto y color del corte o sección de los mismos suministra asimismo información sobre las probables temperaturas de cocción primitivas.

Ambos tipos de observaciones se han realizado en este trabajo; las primeras por calentamiento a 700, 900 y 1.100°C, y posterior estudio por difracción de rayos-X de muestras de ocho piezas, tres del primer grupo (10-18; 12-14 y 24-7), una del segundo (4-11) y cuatro del tercero (2-11; 8-10; 9-15 y 21-9); y las segundas calentando un pequeño fragmento de cada una de las muestras que se estudian en este trabajo (48 en total) a temperaturas desde 400 a 1.100°C (de cien en cien) y observando el aspecto de un corte reciente de la pieza, practicado antes de comenzar el tratamiento.

El estudio por difracción de rayos-X de las tres muestras del primer grupo revela la desaparición a 900°C de las pequeñas o moderadas cantidades de ilita que contienen, la desaparición de los feldespatos potámicos desde

TABLA IX							
COMPOSICION MINERALOGICA APROXIMADA DE MUESTRAS DE FRAGMENTOS (NO ANFORAS) DE CERRO MACARENO							
Muestra	Q	A	O	P	C	I	K
1.º grupo							
6-11-1	++	+++		++++		++	
7-14-1	+++	++	++	++++		+	
10-18-1	++++	++		+++		+	
12-14-1	+++	+++	++	++++		+++	
16- 4-1	++++	+++		++++	+	++	
16- 4-2	++++	++		++++		++	
18- 2-1	+++	++	++	++++		+	
18- 2-2	++++	+++		++++		++	
21- 2-1	++++	+++		++++		+	
21- 2-2	++++	+++		++++		+	
21- 2-3	++++	+++		++++		+	
22- 5-1	++++	+		++++		+	
22- 5-2	+++	++	+	++++		++	
24- 7-1	++	+++	+	++++		++	
25- 3-1	+++	++		++++	+	+	
25- 3-2	++++	++		++++		+	
25- 4-1	+	++++		++			
25- 4-2	+	++++		++++	+		
26- 1-1	++++	+	++	++++	+	++	
26- 1-2	++++	+	++	+++	+	++	
26- 3-1	++	++	++++	++++	+		
26- 3-2	++	+++	+++	++++			
26- 4-1	++++	++		+++		++	
26- 4-2	++++	+	+	++		+	
26- 9-1	++++	+	++	+++			
26- 9-2	++++	+	++	+++			
26- 9-3	++++	+	++	++		+	
26-10-1	++	++		++++		+	
26-10-2	+++	++	++++	+++			
2.º grupo							
4-11-1	++++		+	+	+	+	
7-13-1	++++			+	++	+	
7-13-2	++++		+	+	++	+	
12- 7-1	++++			++	+	+	
12-11-1	+++		+++		+++	+	
16-15-1	+++		+	+	+++	+	+
17- 2-1	+++			++	++		
24- 5-1	+++		++	++++	+	++	

TABLA IX (continuación)						
Muestra	Q	A	O	P	I	K
3.º grupo						
2-11-1	++++		+		++	
8-10-1	++++		++	+	+	
9-15-1	++++	+		++++	++	
19- 5-1	++++		+	+++	++	
21- 9-1	++++			++	+	
21- 9-2	++++		++	+++	+++	
25- 7-1	++++			+	+	
25-22-1	++++	+	++	+	+	
25-22-2	++++	+	++	+	+	
25-22-3	++++		++	+	+	
25-22-4	++++	+	+	+	+	

Observaciones: 1.ª Q, cuarzo; A, anfíboles; O, feldespatos potámicos; F, plagioclasas; C, calcita; I, ilita; K, caolinita. 2.ª Contenido: + presente (0-10%); ++ medio (10-20%); +++ abundante (20-35%); ++++ muy abundante (35%).

700°C y el aumento de la proporción de plagioclasas a partir de esta temperatura y a las de 900 y 1.100°C; o bien la persistencia de estos últimos compuestos a estas temperaturas, si no había feldespatos potámicos en la muestra original. Asimismo se forma hematites desde 700°C que se intensifica a 900 y 1.100°C, mientras que los anfíboles sólo se descomponen, disminuyen o desaparecen a esta última temperatura. En estos datos y el hecho de que las secciones frescas de estas muestras cambian notablemente de aspecto a 700°C (muestra 12-14), a 500°C (24-

Por otra parte, el calentamiento irregular o durante tiempo insuficiente o en condiciones no bien controladas,

7) ó a 800°C (10-18), sugieren que las piezas correspondientes se cocieron probablemente a temperaturas inferiores a 700°C, las dos primeras, y entre ésta y 800°C, la tercera. En la muestra 4-11 del segundo grupo, desaparecen los feldespatos potásicos a 700°C y la calcita e ilita

inferiores a 700°C, la cuarta quizás a unos 600°C y la tercera entre 700 y 800°C.

Para el resto de las muestras, en las que no se hizo difracción de rayos-X después del calentamiento, sino la observación cuidadosa del corte de cada una, a cada temperatura de calentamiento, y la comparación con el original no calentado, la fijación de la temperatura de cocción es forzosamente más imprecisa. No obstante, la minuciosa consideración del aspecto de las muestras después del calentamiento a cada temperatura, permite concluir que las 13 piezas a que corresponden las 26 muestras así estudiadas del grupo primero se cocieron en su mayoría a temperaturas bajas que podrían fijarse para dos de ellas (6-11 y 7-14) en 500-600°C; para otras siete (18-2;

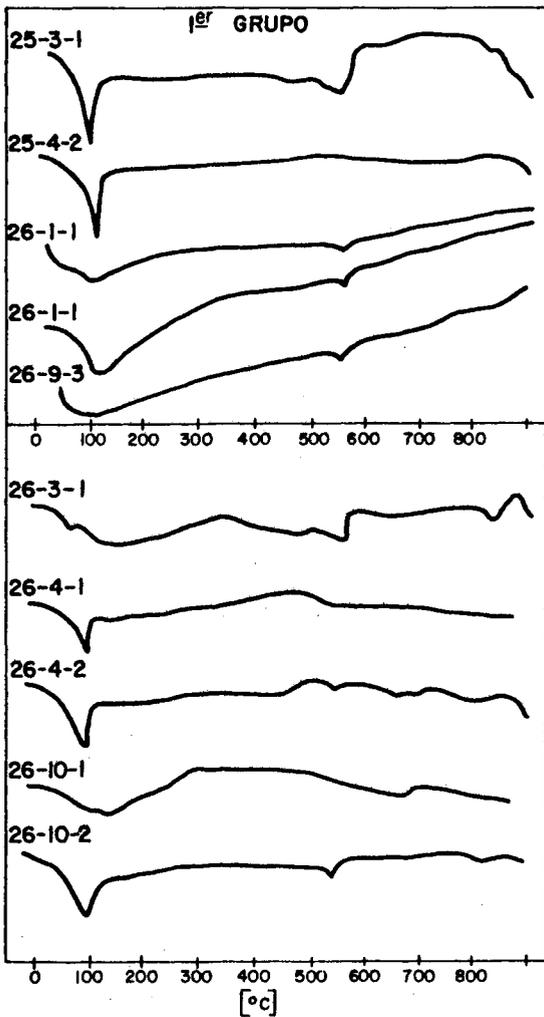


Fig. 1. Diagramas de A.T.D. de muestras del 1.º grupo.

a 900°C aumentando con la temperatura la proporción de plagioclasas, así como la de hematites que se forma desde 900°C. El corte de la pieza se homogeneiza a un tono gris a 500-600°C y a un tono rojo a 900°C. Todo ello sugiere para esta pieza una temperatura de cocción inferior a 700°C, tal vez 500-600°C.

Finalmente, en tres de las muestras del grupo tercero en las que existen feldespatos potásicos (2-11; 8-10 y 21-9) desaparecen a 700°C, formándose o aumentando la proporción (lo que ocurre también en la 9-15) de plagioclasas a partir de esta temperatura. En todos los casos la hematites se forma desde 700 ó desde 900°C, aumentando también con la temperatura. Estos hechos y el cambio de tonalidad o color de los cortes de las piezas por calentamiento sugiere que las dos mencionadas en primer lugar se cocieron originalmente a temperaturas

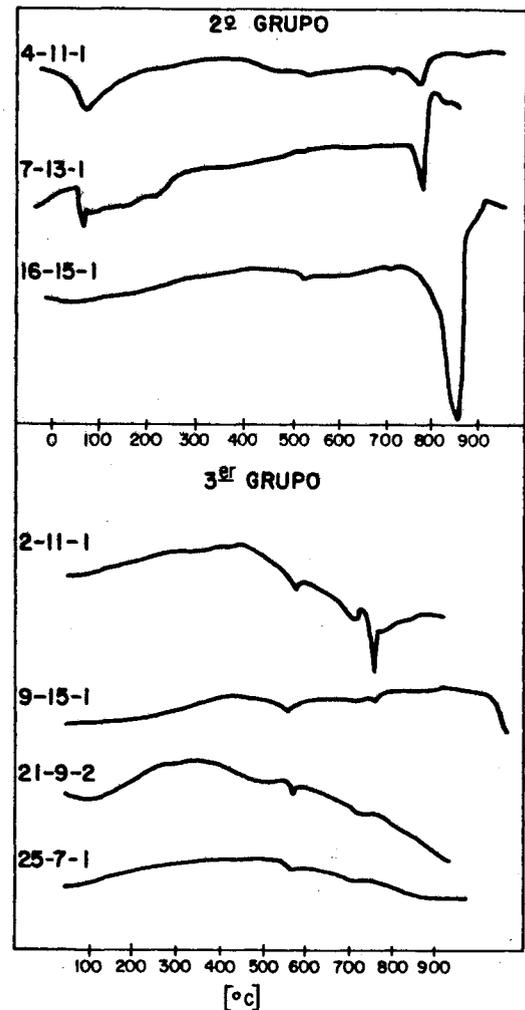


Fig. 2. Diagramas de A.T.D. de muestras del 2.º y 3.º grupo.

21-2; 22-5; 26-1; 26-3; 26-4 y 26-10) entre 600-700°C, para tres más (16-4; 25-3 y 25-4) en 700-750°C; y sólo en una (26-9) en unos 800°C.

Análogas consideraciones permiten señalar la de 500-600°C como temperatura probable de cocción para una pieza (12-11) de las seis a que pertenecen las siete muestras examinadas por este procedimiento del grupo segundo, en 600-700°C, para otras cuatro (12-7; 16-15; 17-2 y 24-5) y en unos 700 ó 750°C para la sexta (7-13).

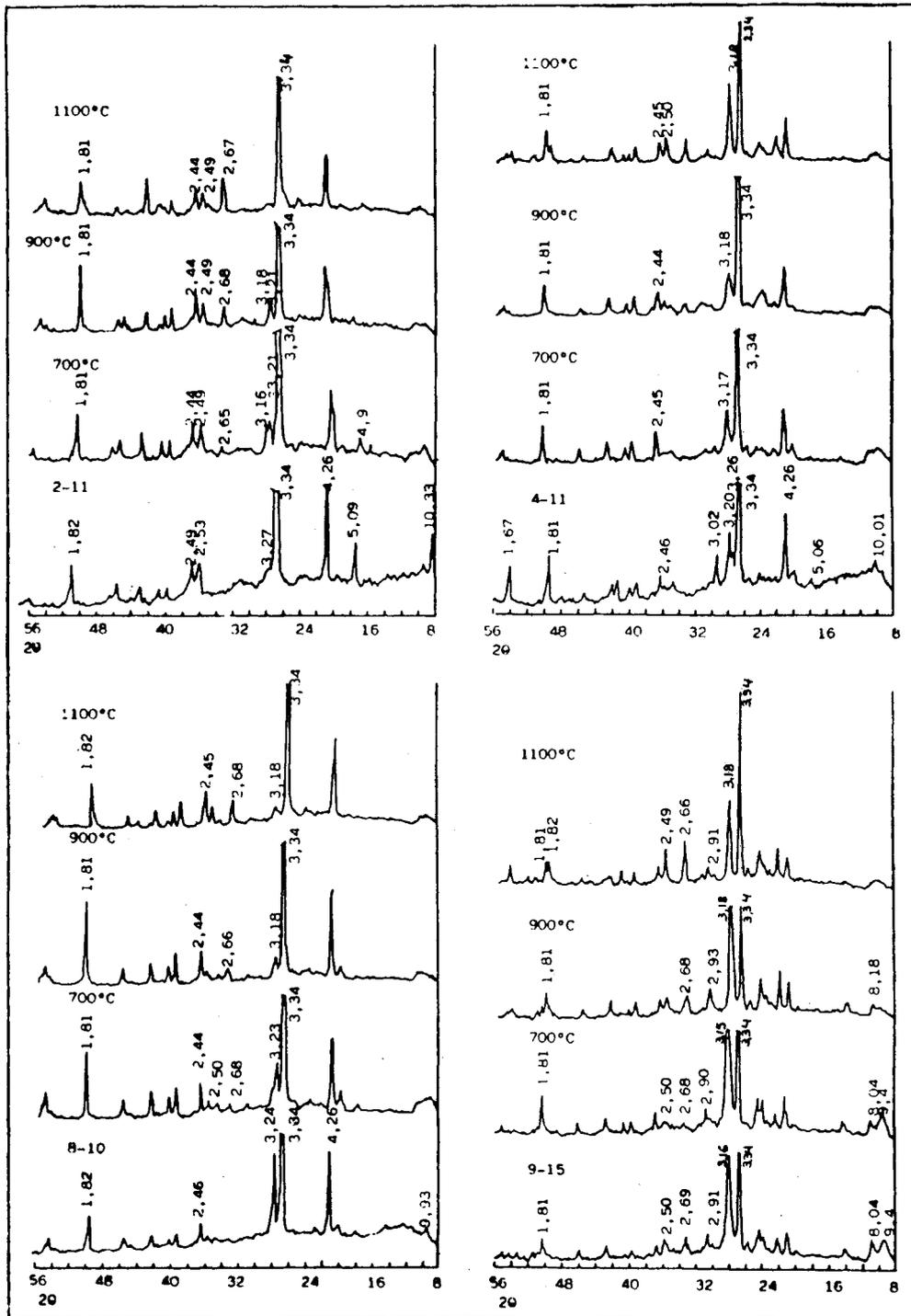


Fig. 3. Diagramas de difracción de rayos-X de las piezas 18, 12-24, 21-9 y 24-7 a distintas temperaturas.

Finalmente de las cuatro piezas a que pertenecen las muestras así estudiadas del grupo tercero, tres (19-5; 25-7 y 25-22) parecen haberse cocido a temperaturas de 500-600°C y la cuarta (21-9) a 600-650°C.

En resumen, de las 23 piezas que comprenden estos tres grupos, el mayor número (12 de ellas) tienen temperatura probable de cocción de 600-700°C, otras seis la de 500-600°C; cuatro, la de 700-750°C y sólo una fue cocida

probablemente a unos 800°C; lo que indica que en la fabricación de esta clase de objetos de uso doméstico (vasijas de cocina, platos, etc.) los pobladores de Cerro Macareno fueron menos exigentes no sólo en la naturaleza de los materiales empleados (por lo general más baratos) sino también en la cocción de las piezas, predominando las temperaturas bajas (y bastante variables) en este proceso.

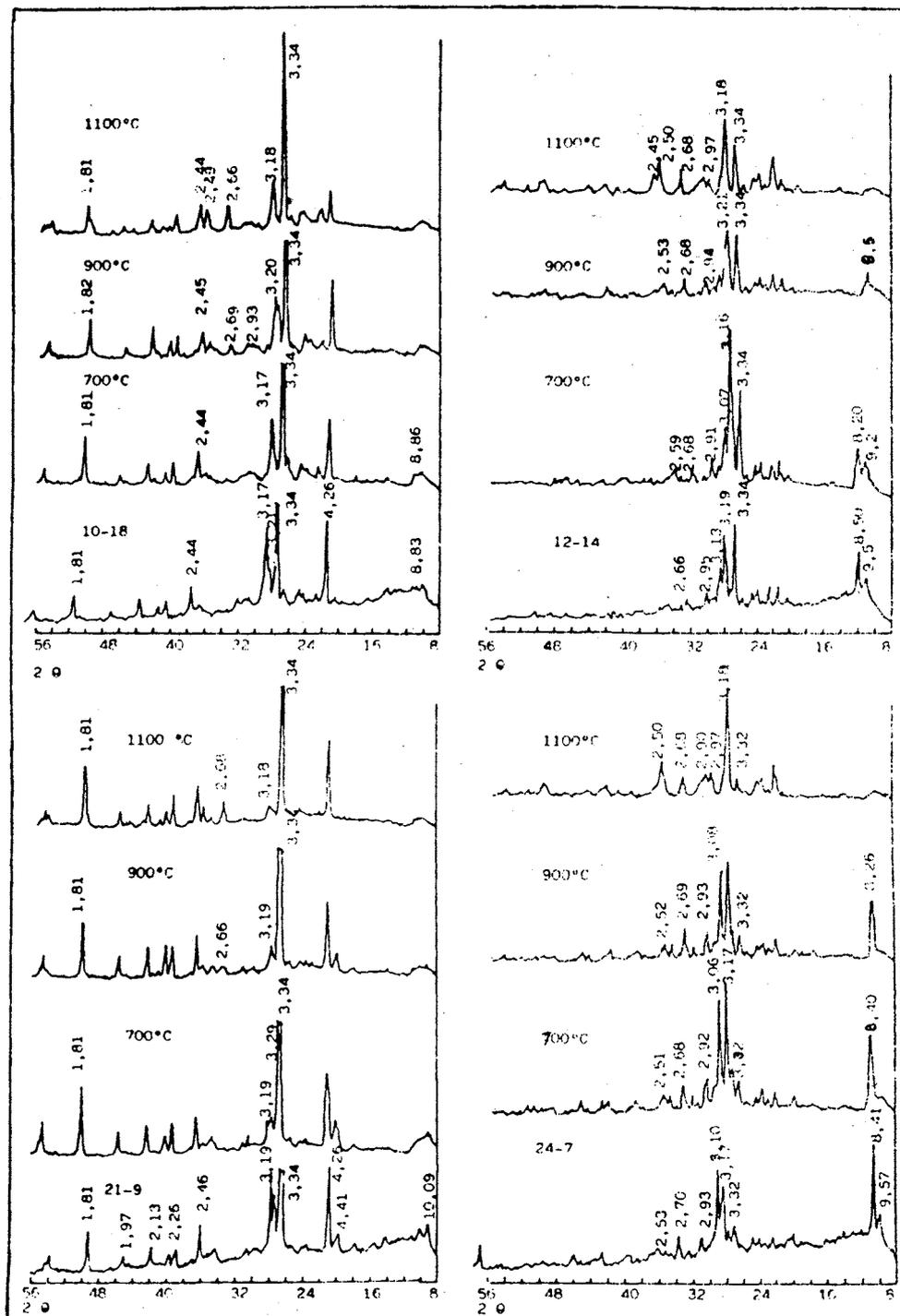


Fig. 4. Diagramas de difracción de rayos-X de las piezas 10-18, 12-14, 21-9 y 24-7 a distintas temperaturas.

## BIBLIOGRAFIA

1. GONZÁLEZ VILCHEZ, M.C., GONZÁLEZ GARCÍA, F., GARCÍA RAMOS, G.: Materias primas y datos tecnológicos de piezas cerámicas antiguas del yacimiento arqueológico de Cerro Macareno (Sevilla) (I). *Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidr.* 24, 173-186 (1985)
2. PELLICER CATALÁN M., ESCACENA CARRASCO, J.L., BENDALA GALÁN, M.: «El Cerro Macareno». Ministerio de Cultura. Dirección General de Bellas Artes y Archivos. 215 pp. Madrid, 1983.
3. GALÁN, E., DOVAL, M., ORTEGA, M.: 1982. Caracterización mineralógica de los materiales arcillosos. Inédito. 168 pp.
4. GONZÁLEZ, VILCHEZ, M.C., GARCÍA RAMOS, G., GONZALEZ GARCÍA, F., PELLICER CATALAN, M.: Cerro Macareno (Sevilla): The nature and provenance of amphoras and other earthenware pots from VIII to III centuries. *Proceedings del 22<sup>nd</sup> Symposium on Archaeometry; Universidad de Bradford, U.K., Inglaterra, 1982.*