

MATERIAS PRIMAS Y DATOS TECNOLOGICOS DE PIEZAS CERAMICAS ANTIGUAS DEL YACIMIENTO ARQUEOLOGICO DE CERRO MACARENO (SEVILLA) (1)

M.^a C. GONZALEZ-VILCHEZ
F. GONZALEZ-GARCIA
G. GARCIA-RAMOS

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

RESUMEN

Se estudian la composición química y mineralógica, contenido en determinados elementos escasos, materias primas y temperaturas probables de cocción empleadas en la fabricación de un conjunto de 25 fragmentos de ánforas del yacimiento arqueológico de Cerro Macareno (Sevilla). Los métodos empleados fueron análisis químico, difracción de rayos-X, A.T.D., análisis por activación neutrónica y pruebas de cocción intermitente por calentamiento de cien en cien grados, desde 400° a 1.100°C seguido en cada caso de estudios por difracción de rayos-X y de observación de los cambios de color y aspecto de los cortes de las piezas. De todo ello se concluye que cuatro de las piezas estudiadas son de origen importado (Palestina-Fenicia), estando fabricadas las restantes con materiales procedentes de los aluviones del Guadalquivir, en las inmediaciones del Cerro Macareno. Del total de las piezas, 17 se cocieron probablemente a temperaturas inferiores a 700°C, cuatro a 700-750°C y siete a 800-850°C.

Raw materials and technological data of pieces of amphoras from the archaeological bed of Cerro Macareno (Sevilla) (1)

A study of twenty eight fragments of amphoras from the archaeological bed of Cerro Macareno (Sevilla) has been done by chemical, physicochemical, X-ray diffraction and thermal methods, in order to establish the nature and provenance of the raw materials and the technological aspects of their fabrication. All the data lead to the conclusion that four of the pieces were probably imported from the Palestine-Phoenicie; the rest were made out of raw materials from the surrounding areas of Cerro Macareno. Most of the pieces were fired below 700°C, only four of them at about 700-750°C, and the other seven, probably from 800-850°C.

Matières premières et renseignements technologiques d'anciennes pieces céramiques du gisement archéologique de «Cerro Macareno» (Sevilla) (1).

On étudie la composition chimique et minéralogique, le contenu dans certains éléments rares, les matières premières et les températures de cuisson probables, employées dans la fabrication d'un ensemble de 25 fragments d'amphores du gisement archéologique de «Cerro Macareno» (Sevilla). Les méthodes employées furent celles d'analyse chimique, diffraction de rayons X, A.T.D., analyse par activation neutronique et preuves de cuisson intermittente par chauffage, de cent degrés en cent degrés, depuis 400° jusqu'à 1.100°C suivi dans chaque cas, d'études par diffraction de rayon X et de l'observation des changements de couleur et d'aspect des coupures des pièces. On en conclut que quatre des pièces étudiées sont d'origine importée (Palestine, Phénicie), le reste étant fabriqué avec des matériaux qui proviennent des alluvions du Guadalquivir, dans les proximités du «Cerro Macareno». De l'ensemble des pièces, 17 sont probablement cuites à des températures inférieures à 700°C, quatre à 700-750°C et sept à 800-850°C.

Rohstoffe und technologische Daten antiker Keramikfragmente aus der archäologischen Fundstätte am Cerro Macareno (Provinz Sevilla) (1)

Gegenstand der Untersuchung sind die chemische und mineralogische Zusammensetzung, der Gehalt an gewissen Spurenelementen, die Rohstoffe sowie die bei der Herstellung einer Sammlung von 25 Amphorenfragmenten aus der archäologischen Fundstätte am Cerro Macareno (Prov. Sevilla) mutmaßlich verwendeten Brenntemperaturen. Als Untersuchungsmethoden kommen dabei folgende Analyseverfahren zur Anwendung: chemische und Röntgenbeugungsanalyse, A.T.D., Neutronenaktivierungsanalyse und intermittierende Brennversuche mittels stufenweiser Erhitzung um jeweils 100°C im Temperaturbereich von 400-1.100°C mit anschließender Röntgenbeugungsanalyse und Beobachtung der Verfärbung sowie Beschaffenheit der Schnittflächen der Stücke. Die erhaltenen Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß vier der untersuchten Fragmente Teile von importierten Objekten (Palästina, Phönizien) sind; bei den restlichen wurden Flußsedimente des Guadalquivir aus der näheren Umgebung des Cerro-Macareno als Rohstoffe verarbeitet. Von der Gesamtzahl der untersuchten Stücke wurden 17 mutmaßlich bei Temperaturen unter 700°C gebrannt, 4 bei 700-750°C und 7 bei 800-850°C.

(1) Original recibido el 1 de junio de 1984.

1. INTRODUCCION

La tradición e importancia de la producción cerámica de Andalucía Occidental, en particular de la provincia y de la ciudad de Sevilla es un hecho bien conocido, habiéndose mantenido desde los tiempos más antiguos hasta nuestros días, en los que continúan trabajando industrias que producen objetos y materiales de alta calidad y belleza. Esta importancia está relacionada, sin duda alguna, con la abundancia en la región de materias primas adecuadas para esta industria y con las relaciones comerciales y culturales establecidas desde los tiempos más antiguos entre los pueblos del valle del Guadalquivir y los restantes del área mediterránea.

La tecnología cerámica, la más antigua practicada por el hombre primitivo, que alcanzó un gran esplendor en los pueblos del Mediterráneo oriental, fue muy pronto perfeccionada por los de la península ibérica y entre ellos por los del sudoeste que la han conservado y enriquecido a lo largo de su historia.

Numerosos yacimientos de materias primas cerámicas se han estudiado en los últimos años desde los puntos de vista mineralógico, físico-químico y de aplicación en el Departamento de Química Inorgánica de la Facultad de Química de la Universidad de Sevilla (1). En fecha reciente se ha iniciado asimismo la aplicación de técnicas físico-químicas al estudio de la tecnología y conocimiento de las materias primas empleadas en la fabrica-

ción de objetos cerámicos antiguos tan abundantes y de tanta importancia en la región (2, 3).

En la presente comunicación se da cuenta de los resultados de esta clase obtenidos en el estudio de un conjunto de materiales cerámicos del yacimiento arqueológico de «Cerro Macareno», situado a unos 9 km al N-NE de Sevilla, en la terraza inferior del Guadalquivir, en la margen izquierda y a unos dos km del cauce actual del río, cerca de la confluencia del arrollo Almonázar.

El yacimiento ha sido plenamente estudiado desde el punto de vista arqueológico por Pellicer y col. (4) y su cronología se extiende desde mediados del siglo VIII a.C. en la última etapa del bronce final, a través del período «orientalizante» (siglos VII y VI a.C.), del período «ibérico pleno» (siglos V a III a.C.), hasta el «ibérico romano» de comienzos del siglo I a.C., momento en que desaparece el poblado de Cerro Macareno, posiblemente por un cambio en la situación de uno de los meandros del río Guadalquivir que lo alejó del poblado, con lo que éste perdió su privilegiada posición para el comercio fluvial.

La exploración, realizada con una profundidad total de 7,5 metros, comprende 26 niveles diferentes cuya datación y perfil se esquematiza en las figuras 1 y 2. A lo largo de esta exploración se han identificado numerosísimos objetos cerámicos que comprenden desde ánforas fenicias a diversos tipos de ánforas púnicas, éstas casi a todo lo largo del perfil, ánforas griegas e itálicas, hasta las ánforas romanas del último siglo del yacimiento.

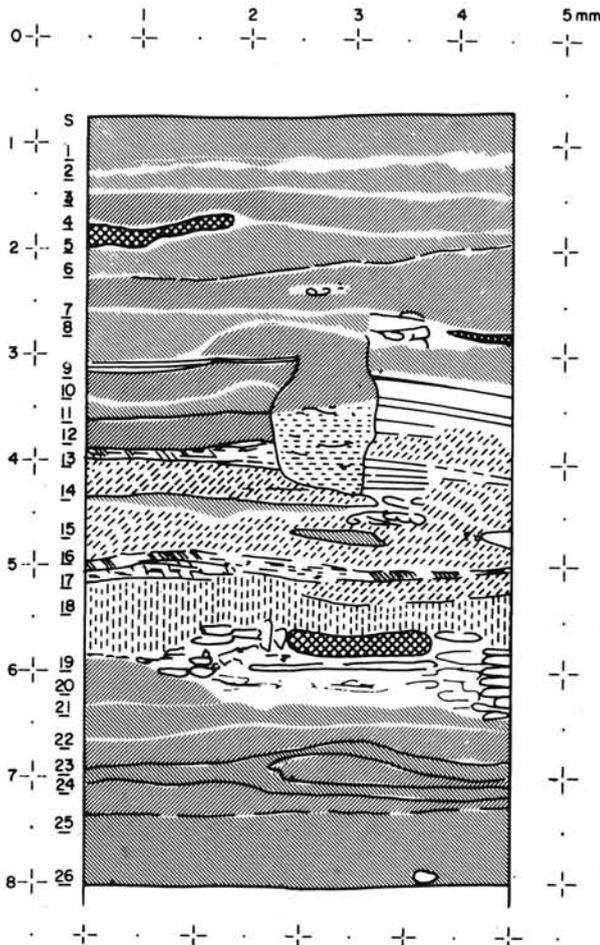


Fig. 1. Perfil del yacimiento arqueológico.

Estratos	Nivel	Horizonte	Cronología	
IX	1			100
VIII	E	2	Ibero-romano	250-275
	D	3		
	C	4		
	B	5	Ibérico final	200
	A	6		
VII	C	7	Ibérico pleno	300
	B	8		
	A	9		
VI	C	10	Ibérico pleno	375-250
	B	11		
	A	12		
V	C	13	Ibérico inicial	400
	B	14		
	A	15		
IV	D	16	Proto-ibérico	450
	C	17		
	B	18		
	A	19		
III	B	20	Orientalizante	500
	A	21		
II	D	22	Orientalizante	700-575
	C	23		
	B	24		
	A	25		
I	26	brocef	750-700	700

Fig. 2. Esquema del yacimiento según los estratos, niveles, horizontes y cronología.

Otros numerosos fragmentos encontrados, corresponden a vasijas y utensilios diversos y comprenden desde los de cerámica reticular bruñida, a lujosas piezas con barniz rojo, objetos de la llamada «cerámica gris occidental», vasos grandes policromados con motivos orientales, cerámica rojoviolácea, etc. Abundan tanto las piezas moldeadas a mano como las fabricadas al torno, empleado prácticamente desde el comienzo de la vida del Cerro Macareno. Tanto los materiales utilizados, como las pinturas, barnices y engobes, muestran una rica variedad. En cuanto a los primeros, abundan las piezas obtenidas con pastas de materiales finos, limoarcillosos, calcáreos, análogos a los que se encuentran en la actualidad en las proximidades de Cerro Macareno. Otras muchas están fabricadas con materiales más bastos, arcillas de origen metamórfico, que contienen cantidades importantes de feldespatos e incluso anfiboles que denotan una clara procedencia de yacimientos situados en la margen derecha del río o aportados por afluentes de dicha área de la cuenca. En cuanto a las pinturas y barnices, adoptan las formas más variadas, en bandas anchas o estrechas, claras o rojas, combinadas de modos diversos, por lo general sobre engobes finos, predominando los tonos ocre, castaños, anaranjados y rojos.

Algunas piezas han sido señaladas por los arqueólogos como importadas, extremo que ha podido confirmarse o que se ha matizado asimismo en nuestro estudio. Otras, la mayoría, ya que el trabajo de los alfareros locales alcanzó pronto un alto grado de perfeccionamiento, se fabricaron en Cerro Macareno.

Muchos datos sobre el posible proceso de fabricación, temperaturas de cocción, atmósfera reductora u oxidante, etc., han podido intuirse por el aspecto del corte o secciones frescas de las piezas. Estos se han confirmado o matizado y otros se han deducido del estudio físico-químico y mineralógico que aquí se presenta.

Han podido deducirse, asimismo, características de hornos por el conocimiento de algunos hallados en zonas próximas, de épocas que corresponden con el desarrollo de Cerro Macareno.

Todo lo que antecede y el grado de conocimiento ya alcanzado sobre las arcillas del valle del Guadalquivir nos ha permitido realizar una aportación que estimamos de interés para perfeccionar el conocimiento de los materiales y técnicas de fabricación empleadas por los alfareros de lo que debió ser un activo poblado comercial en la época referida.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Preparación de las muestras

Tanto desde el punto de vista comercial como técnico, el objeto cerámico más importante de Cerro Macareno es el ánfora. Destinada al transporte de líquidos (vinos, aceites, esencias), al de salazones (pescados) o al de áridos (trigo, etc.), ha de fabricarse con un material adecuado, fino, de buena plasticidad, abundante y que tras el proceso de cocción, proporcione a la pieza las propiedades convenientes de resistencia, porosidad no excesiva, etc. La estadística y estudio de ánforas de Cerro Macareno realizada por Pellicer (5), se ha utilizado por el mismo autor para dataciones y correlación con sucesos históricos, invasiones de colonizadores, guerras, etc.

Los objetos y fragmentos cerámicos que se estudian desde el punto de vista físico-químico en esta comunicación, pertenecen a ánforas. Los de otra naturaleza se considerarán en otro trabajo posterior. Unos y otros, así como la información previa de carácter arqueológico, nos han sido facilitados por el equipo de arqueólogos sevillanos que dirige el Prof. Pellicer.

De cada fragmento de ánfora a que se refiere este trabajo se separaron dos trozos, uno de los cuales se conservó como referencia, empleándose al 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, ya fueran éstas pinturas, engobes o zonas de aspecto diferente, identificadas en el corte. La división se realizó por fragmentación y separación con espátula cortante; cada muestra obtenida se designó por tres números, el primero de los cuales corresponde al nivel en que se encontró la pieza correspondiente, el segundo al del fragmento de que se trata, dentro del mismo nivel, y el tercero a la capa a que corresponde la muestra, empleándose en este caso el número 1 para la capa próxima a la cara exterior convexa, el 2 para la parte central del corte y el 3 para la capa próxima a la cara interna cóncava. Si en un fragmento se distinguían sólo dos zonas, este tercer número sería el 1 para la capa exterior convexa y el 2 para la interna cóncava. Asimismo, en caso de haber cuatro capas, los números serían 1, 2, 3 y 4, cuyo orden señala las capas desde la más exterior, próxima a la cara convexa, a la interior o cóncava.

2.2. Análisis químico

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

El ataque se realizó tratando la muestra con mezcla de ácido nítrico, ácido perclórico y ácido fluorhídrico, dejando primero 15 minutos en reposo y evaporando luego a sequedad sobre placa calefactora. El residuo se trató nuevamente con ácido perclórico y se evaporó de nuevo a sequedad. 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 del silicio se efectuó una digestión alcalina en otra porción de muestra, realizándose asimismo la medida por absorción atómica.

2.3. Análisis térmico diferencial

Se realizó en las muestras en 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 utilizando 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 identificados utilizando los poderes reflectantes de cada uno dados por Galán sobre la base de cuarzo = 1,5 (7).

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 5×10^{11} neutrones por cm^2 y segundo, a una potencia de operación del reactor de 3 Mw y durante 24 horas. Los resultados obtenidos han sido especialmente útiles para la determinación de la procedencia local o importada de los fragmentos cerámicos y han sido objeto de una publicación anterior (3), a pesar de lo cual algún aspecto de especial interés se comentará en el lugar correspondiente a este trabajo.

2.6. Estudio térmico (pruebas de cocción intermitente)

El cambio de aspecto (en particular cambio de color) de fragmentos y muestras no molidos, que ocurre por calentamiento o cocción de los mismos a temperaturas determinadas, y su comparación con el que presentaban los cortes frescos de los testigos respectivos, suministran información útil para la estimación de la temperatura a que se cocieron las piezas originales en su fabricación y las condiciones en que se realizó el proceso.

El estudio se llevó a cabo separando un pequeño trozo (que comprende todo el grosor) de cada una de las piezas y sometiéndolo a calentamiento intermitente de 100 en 100°C , durante una hora a cada temperatura de las comprendidas entre 100 y 1.100°C . Después del calentamiento a cada temperatura, se observaron los cambios sufridos en comparación con el fragmento testigo.

En un grupo de siete muestras de los niveles 3 a 22 se obtuvieron diagramas de rayos-X de muestras molidas después de calentarlas durante una hora a 700, 900 y 1.100°C , con el fin de estudiar la evolución o transformación de los minerales presentes en la pieza original y obtener mayor precisión en la determinación de las temperaturas de cocción empleadas en su fabricación.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Descripción de las muestras

La tabla I contiene los datos más significativos de las estudiadas en este trabajo.

3.2. Análisis químico

La tabla II contiene los datos de análisis químico de

algunas muestras representativas del conjunto considerado, ordenadas de menor a mayor profundidad en el perfil.

No se observa ninguna variación regular por lo que se refiere a los contenidos de sílice (43 al 63,6%), de alúmina (10,6 al 18,7%) ni de Fe_2O_3 (4,5 a 6,8%). En cambio, si se exceptúa la muestra 3-10-1, se observa un menor contenido en calcio, y en parte en magnesio, en las cuatro últimas muestras que corresponden a niveles más profundos. Tres de ellas (23-12-1, 25-9-3 y 25-12-1) son muestras de piezas importadas, de origen palestino (fenicio) según el informe arqueológico, con lo que concuerdan los datos obtenidos por nosotros en el estudio de elementos escasos analizados por activación neutrónica. El contenido de álcalis varía entre el 2,27 y 3,65%, siendo siempre el de potasio más elevado que el sodio y superando en cinco de las muestras el total el 3%.

Entre otras muestras se incluyeron en el estudio cinco de las comprendidas en la tabla II, cuyos datos, obtenidos por el citado método, se recogen en la tabla III, en la que también se ha incluido la 25-13-1, fragmento de ánfora, que se trata en esta comunicación, que no se analizó por vía química (A.A.) y para la que se sugiere asimismo por los arqueólogos que se trata de muestras de una pieza importada.

Con excepción de las muestras 11-6-1 y 20-6-2 en los que el porcentaje de hierro expresado como Fe_2O_3 y obtenido por activación neutrónica (3,60 y 3,40%) es algo inferior al determinado por absorción atómica (4,50 y 4,22 respectivamente), en las tres restantes (23-12-1, 25-9-3 y 25-12-1) de las que poseen análisis por ambos métodos, la concordancia de este dato es muy satisfactoria. Puede comprobarse, por otra parte, el mayor contenido de estas tres muestras y de la 25-13-1 en torio, escandio, cobalto y europio que el de las dos primeras de la tabla III. Estos datos y en especial la comparación detenida de la relación Eu/Fe , así como otras correlaciones bien distintas entre unas y otras que se incluyeron en (3) junto a los de otras muestras propias y tomadas de la bibliografía, nos han llevado a concluir que las piezas a que corresponden las cuatro muestras citadas, 23-12-1 a 25-13-1, si bien no difieren de otras muchas de Cerro Macareno en su composición en minerales comunes, son piezas importadas, probablemente de origen palestino-fenicio.

3.4. Datos de difracción de rayos-X

Las tablas IV a VI contienen los datos de difracción de rayos-X de las 44 muestras de fragmentos de ánforas que se estudian en este trabajo, 14 de las cuales son muestras unificadas o que representan a todo el corte o sección de una pieza, mientras que las otras 30 corresponden a diversas capas de otras 14 piezas distintas (tabla I).

Todas las muestras mencionadas contienen calcita, identificada por sus difracciones características, que a veces alcanzan gran intensidad, indicando en tales casos proporciones importantes, a veces altas, de este componente; 25 de ellas contienen cantidades pequeñas o apreciables de dolomita; en 20 existen proporciones pequeñas a medias de ilita; en sólo cinco se ha detectado caolinita; numerosas muestras contienen feldespatos, ya sean potásicos (15 muestras), plagioclasas (23 muestras) o de

TABLA I

DESCRIPCION DE MUESTRAS DE FRAGMENTOS DE ANFORAS DE CERRO MACARENO (SEVILLA)

Número	Período	Cronología años a.C.	Características
1- 2-1	Ibero-romano	180	Muy cocida; pasta rosada y aspecto uniforme.
2- 1-1	»	200	Trozo de asa; muy cocida y de aspecto rosado uniforme.
3-10-1	»	225	Trozo de asa; pasta rojiza uniforme.
4-13-1	Ibérico final	—	Trozo de asa diámetro 25 mm. capa exterior rosada.
4-13-2	»	—	Parte central amarillenta del fragmento anterior.
5- 1-1	»	—	Trozo muy cocido, exterior rosáceo, interior rojo; muestra unificada.
6- 3-1	»	250	Trozo de asa; zona exterior muy rojiza, uniforme.
6- 3-2	»	»	Parte central amarillenta del fragmento anterior.
6-16-1	»	»	Trozo semiplano, amarillento, muy cocido; engobe blanco.
7-17-1	Ibérico pleno	275	Trozo grueso cóncavo; zona exterior e interior rojizas.
7-17-2	»	»	Parte central gris del fragmento anterior.
8-13-1	»	300	Trozo semicóncavo gris; exterior rosa; muestra unificada.
8-14-1	»	»	Trozo semicóncavo, parte muy fina, zona amarillenta exterior.
8-14-2	»	»	Parte central pardo rojiza del fragmento anterior.
11- 6-1	»	375	Borde de ánfora, muy cocido, rosáceo; se observa mica; muestra unificada.
12-17-1	»	385	Borde de ánfora, rugoso, sección gris; muestra unificada.
13-12-1	Ibérico inicial	400	Trozo de asa; zona exterior rosácea de la pieza.
13-17-1	»	»	Borde de ánfora; corte gris; muestra unificada.
14- 1-1	»	425	Trozo de asa; capa exterior rosada.
14- 1-2	»	»	Parte interna amarillenta del fragmento anterior.
15- 2-1	»	—	Borde de ánfora, grueso, muy cocido, rojo.
16-14-1	Protoibérico	475	Trozo cóncavo muy cocido, rosado, uniforme.
17- 3-1	Protoibérico	500	Trozo cóncavo, zona parda junto a cara convexa.
17- 3-2	»	»	Muestra rojiza del resto de la pieza.
18-10-1	»	525	Trozo cóncavo; zona rosada cercana a las caras.
18-10-2	»	»	Parte central oscura del fragmento anterior.
20- 6-1	Orientalizante	600	Pieza semiplana con granos minerales; muestra de cara exterior amarilla.
20- 6-2	»	»	Zona grisácea que completa el corte del fragmento anterior.
22-13-1	»	—	Pieza cóncava; muestra de zona roja exterior.
22-13-2	»	—	Zona clara que completa corte del fragmento anterior.
22-14-1	»	—	Trozo casi plano; franja roja junto cara exterior.
22-14-2	»	—	Franja gris junto cara interior del fragmento anterior.
23-12-1	»	660	Trozo cóncavo; corte rojo con granos blancos; muestra unificada.
24-14-1	»	675	Pieza de pasta rosada; zona rojiza junto cara exterior.
24-14-2	»	»	Zona central gris del fragmento anterior.
24-14-3	»	»	Zona roja junto a cara interior.
25- 9-1	»	—	Trozo cóncavo; corte con granos blancos. Zona rosa junto cara exterior.
25- 9-2	»	—	Zona gris central del mismo fragmento anterior.
25- 9-3	»	—	Zona pardo oscura junto cara interna.
25-10-1	»	—	Trozo de asa; corte con granos blancos; zona exterior rojiza.
25-10-2	»	—	Parte central amarillenta del mismo fragmento.
25-12-1	»	—	Trozo casi plano; corte con granos blancos; zona exterior rojiza.
25-12-2	»	—	Zona interior amarillenta del mismo fragmento.
25-13-1	»	—	Pieza muy lisa, corte con mica; muestra unificada.

ambas clases (5 muestras), estando la mayor frecuencia de las que contienen plagioclasas desde el nivel 8 hasta el 25, en particular a partir del nivel 16; solamente en cuatro muestras se han detectado anfíboles; en dos se ha registrado la presencia de hematites y en ocho la de magnetita.

Finalmente, todas las muestras contienen cuarzo en proporciones que van desde medias hasta elevadas.

Aunque no resulta posible establecer la composición mineralógica precisa de estos materiales, su carácter relativamente homogéneo permite realizar una aproximación semicuantitativa que hemos efectuado a partir del estudio de las intensidades de las difracciones obtenidas

por rayos-X, completada también por el de los poderes reflectantes de los distintos minerales según Galán y col. (7).

Esta estimación a la que damos un carácter comparativo se refleja en la tabla VII.

Estudios ya mencionados realizados en este Departamento (1) sobre arcillas del valle de Guadalquivir, datos de otras investigaciones sobre suelos y sedimentos del mismo, así como algunos adicionales obtenidos especialmente para este trabajo, han proporcionado un conocimiento suficiente sobre la naturaleza de tales arcillas y sedimentos.

TABLA II
ANALISIS QUIMICO DE MUESTRAS DE ANFORAS

	3-10-1	7-17-2	11-6-1	20-6-1	20-6-2	22-14-2	23-12-1 (x)	25-9-3 (x)	25-12-1 (x)
SiO ₂	61,44	59,12	49,7	54,00	51,50	63,60	52,80	55,18	43,00
Al ₂ O ₃	17,20	12,60	13,29	10,63	11,27	13,90	18,70	15,05	18,12
Fe ₂ O ₃	6,79	5,07	4,50	4,07	4,22	5,78	5,03	5,40	5,42
TiO ₂	0,74	0,59	0,62	0,46	0,47	0,77	0,88	0,59	—
CaO	7,77	12,80	16,10	15,82	14,42	8,65	3,85	6,50	3,50
MgO	2,56	1,82	2,23	1,99	2,07	1,97	1,21	1,41	2,02
K ₂ O	2,47	2,00	2,33	2,31	2,57	2,71	3,20	2,56	2,81
Na ₂ O	1,18	0,27	0,27	0,33	0,47	0,86	0,94	0,59	0,32
P. calc.	0,76	7,32	9,38	10,4	12,00	1,48	12,00	11,00	23,00
Total	100,91	101,59	98,42	100,01	98,99	99,72	98,60	98,28	98,19

(x) Piezas importadas

TABLA III
CONTENIDO DE ELEMENTOS ESCASOS
DETERMINADOS POR ACTIVACION
NEUTRONICA EN MUESTRAS DE ANFORAS
($\mu\text{g/g}$)

	11-6-1	20-6-2	23-12-1	25-9-3	25-12-1	25-13-1
La	40,3	40,5	60,9	39,4	14,4	34,7
Fe	25.025	23.734	36.006	38.473	35.259	33.605
Cr	95,2	70,4	79,0	73,5	78,6	75,1
Th	6,5	6,9	13,3	11,4	10,2	10,5
Sc	9,3	8,4	13,1	13,7	12,3	11,6
Co	4,3	3,4	6,9	6,9	5,3	6,4
Eu	0,98	0,95	1,39	1,60	1,30	1,40
Origen pieza	local	local	import.	import.	import.	import.

Los materiales arcillosos que existen en la terraza del Guadalquivir en la que se encuentra el yacimiento de Cerro Macareno, fueron aportados a lo largo del tiempo por los afluentes de la margen izquierda de aquel (entre ellos el arrollo Almonázar) y por el propio río principal y procederían de la gran área de terrenos calizos, terciarios, que constituyen la «campiña». En ésta son comunes las arcillas montmorilloníticas acompañadas de proporciones importantes de ilitas, a veces alteradas. En ciertos suelos rojos existen cantidades apreciables de caolinita. En todos los casos se encuentra al cuarzo como mineral accesorio y están presentes cantidades importantes de carbonato cálcico. Otros aportes serían realizados por afluentes de la margen derecha del Guadalquivir que en sus cuencas, situadas en Sierra Morena occidental, atraviesan formaciones que comprenden desde rocas ígneas a metamórficas, pizarras, anfíbolitas, etc., y zonas margosas, estas últimas cercanas al río principal. La desembocadura de alguno de estos afluentes se encontraba cercana a Cerro Macareno.

Como consecuencia de lo que antecede, los sedimentos de las terrazas del Guadalquivir constan por lo general de materiales finos, con arcillas iliticas, asociadas a

veces con caolinita, cuarzo libre, óxidos de hierro y de aluminio hidratados, feldespatos, etc., todo enmarcado en un carácter general calizo con contenidos hasta del 30% de carbonato cálcico.

Dos muestras especiales A y B, tomadas para este trabajo en niveles no arqueológicos de las inmediaciones de Cerro Macareno contenían los siguientes minerales, detectados por difracción de rayos X, por orden de abundancia decreciente:

muestra A: cuarzo, calcita, ilita \approx plagioclasas, dolomita.
muestra B: cuarzo, ilita, plagioclasas, calcita, feldespatos potásicos.

Como puede observarse, esta composición es análoga a la que presentan los fragmentos de ánforas que se comentan en este trabajo, con las modificaciones que cabe esperar, debidas al proceso de cocción durante su fabricación, tales como menor contenido de calcita en algunos casos, disminución del de ilita, y otras transformaciones que se comentarán más adelante. Estos datos y otros que se considerarán en otro lugar, indican que las piezas que aquí se estudian se fabricaron a partir de sedimentos finos, del aluvial del Guadalquivir, próximos al mismo Cerro Macareno. Se exceptúan de lo anterior cuatro muestras de las aquí incluidas, (23-12-1, 25-9-3, 25-12-2 y 25-13-1) que, a pesar de tener una composición mineralógica general semejante, difieren del resto, como se indicó anteriormente, en el contenido y relaciones de determinados elementos escasos o entre estos y el de hierro, en los que, sin embargo, se asemejan a otras registradas en la bibliografía como importadas de Palestina. Las piezas de que proceden las citadas muestras habían sido señaladas por los arqueólogos como importadas, lo que resulta confirmado por este estudio.

Muy pocas muestras de ánforas contienen anfíboles que, como se verá en otro trabajo, son frecuentes por el contrario en otra clase de fragmentos cerámicos, del mismo yacimiento. Las piezas que contienen estos minerales se fabricaron probablemente con materiales obtenidos de sitios también cercanos al yacimiento, pero próximos a la confluencia del Guadalquivir con sus afluentes de la margen derecha, que los aportaron de las zonas de

TABLA IV
DATOS DE DIFRACCION DE RAYOS X

1-2-1		2-1-2		3-10-1		4-13-1		4-13-2		5-1-1		6-3-1	
d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀
9,5	8	9,5	18	9,3	28	6,70	8	10,15	5	10,39	12	8,42	20
4,26	23	6,53	15	6,60	15	4,28	24	8,5	9	4,54	12	4,26	24
4,09	3	4,26	7	4,26	27	3,34	100	4,28	14	4,26	29	3,34	100
3,73	9	4,05	12	4,08	20	3,23	19	3,88	6	3,34	100	3,24	40
3,34	100	3,78	17	3,75	15	3,06	76	3,34	100	3,26	32	3,04	47
3,21	19	3,72	12	3,72	12	2,87	20	3,21	14	3,04	43	3,01	35
3,04	17	3,34	38	3,34	100	2,51	21	3,03	52	2,46	12	2,86	27
2,72	5	3,24	100	3,21	91	2,47	19	2,87	14	2,29	10	2,57	19
2,52	8	3,05	9	3,015	15	2,29	22	2,46	9	2,13	6	2,52	23
2,46	11	2,95	30	2,71	9	2,13	10	2,28	11	1,82	15	2,46	16
2,28	6	2,70	10	2,52	23	2,09	13	2,13	6	1,54	15	2,29	16
2,24	7	2,52	33	2,46	14	1,92	20	2,09	8			2,13	14
2,13	5	1,84	9	2,29	7	1,88	12	1,91	14			1,82	14
1,98	8	1,82	11	2,13	16	1,82	14	1,87	15			1,53	3
1,82	12			1,82	12	1,68	4	1,82	7				
1,64	4			1,54	7	1,54	5	1,67	6				
1,54	14							1,54	12				

6-3-2		6-16-1		7-17-1		7-17-2		8-13-1		8-14-1		8-14-2	
d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀
9,6	19	4,26	21	10,33	16	10,1	4	4,26	27	4,25	24	10,5	15
4,26	27	3,75	8	4,54	14	4,53	8	3,34	100	3,34	100	4,26	22
3,34	100	3,49	7	4,28	20	4,26	23	3,20	50	3,23	38	3,34	100
3,22	59	3,34	100	3,34	200	3,34	100	3,01	17	3,06	51	3,21	48
3,03	84	3,24	20	3,27	14	3,25	12	2,29	5	2,88	23	3,04	33
2,86	43	3,04	74	3,21	10	3,05	26	2,13	10	2,47	13	2,86	27
2,29	20	2,88	30	3,05	31	2,46	5	1,82	11	2,29	14	2,29	15
2,13	9	2,47	15	2,60	8	2,29	10	1,54	6	2,14	8	2,14	10
1,09	14	2,29	14	2,47	14	2,13	6			2,09	8	1,82	15
1,82	9	2,13	5	2,29	14	1,92	5			1,98	4	1,54	13
1,54	11	,82	11	2,13	6	1,81	9			1,83	27		
		1,54	10	2,10	5	,54	14			1,54	15		
				1,91	9								
				1,82	13								
				1,54	15								

11-6-1				12-17-1				13-7-1			
d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀
9,5	18	1,82	13	10,3	6	1,84	5	9,7	13	1,82	16
4,26	18	1,54	11	7,2	5	1,82	6	4,43	9	1,54	10
3,34	100			6,48	16	1,63	13	4,26	21		
3,21	45			4,26	22	1,53	6	3,34	100		
3,02	54			3,19	100			3,03	42		
2,52	10			3,01	76			2,46	14		
2,46	14			2,53	58			2,28	14		
2,28	8			2,27	8			2,13	10		
2,13	5			2,14	13			2,09	8		

TABLA V
DATOS DE DIFRACCION DE RAYOS-X

13-12-1		14-1-2		14-1-1		15-2-1		16-4-1		17-3-1		17-4-2	
d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀
10,04	10	10,15	8	9,92	14	10,27	22	7,10	2	4,28	40	4,28	15
8,81	9	7,18	24	8,83	21	7,18	18	4,26	18	3,34	100	3,34	100
4,51	9	4,51	10	4,47	24	4,54	8	3,34	100	3,20	49	3,19	14
4,26	26	4,28	24	4,26	19	4,28	15	3,19	15	3,01	27	3,03	19
3,34	100	3,51	9	3,34	100	3,34	100	3,03	25	2,86	19	2,86	15
3,20	21	3,34	100	3,22	18	3,24	16	2,85	11	2,51	18	2,52	16
3,03	23	3,03	43	3,01	36	3,04	24	2,46	12	2,28	13	2,46	10
2,52	5	2,45	14	2,47	17	2,86	19	2,28	9	2,12	25	2,28	11
2,46	13	2,28	15	2,44	16	2,52	20	2,13	9	1,82	28	2,12	9
2,28	10	2,13	12	2,27	22	2,45	19	1,87	7	1,54	19	1,82	15
2,24	7	1,98	7	2,12	11	2,29	12	1,81	11			1,54	12
2,12	4	1,82	11	2,08	12	2,13	8						
1,82	14	1,54	14	1,90	17	1,82	15						
1,54	8			1,87	14	1,54	6						
				1,81	15								
				1,54	12								

18-10-1		18-10-2		20-6-1		20-6-2		22-13-1		22-13-2		22-14-1	
d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀
6,6	14	4,28	20	9,5	16	4,26	31	6,55	4	4,26	31	7,07	8
4,28	30	3,70	9	4,27	28	3,34	100	4,26	25	3,73	12	6,4	9
4,05	6	3,34	100	3,34	100	3,24	11	3,84	9	3,34	100	4,26	19
3,73	11	3,20	34	3,20	42	3,19	37	3,70	10	3,25	42	3,47	11
3,34	100	3,03	29	3,04	47	3,03	40	3,34	100	3,03	38	3,34	100
3,20	43	2,85	11	2,86	33	2,86	28	3,24	50	3,01	41	3,19	55
3,04	18	2,45	11	2,29	13	2,28	14	3,03	37	2,86	30	3,03	17
2,86	15	2,28	9	2,13	14	2,12	12	2,86	23	2,56	16	2,52	22
2,52	5	2,12	7	1,82	15	1,82	14	2,52	14	2,52	21	2,46	13
2,45	8	1,82	10	1,54	8	1,54	11	2,45	12	2,29	13	2,28	10
2,28	8	1,54	7					2,28	15	2,13	47	2,13	9
2,13	7							2,12	12	1,82	16	1,81	15
1,82	16							1,82	14	1,54	13	1,54	8
1,67	3							1,54	9				
1,54	12												

Sierra Morena que atraviesan. La presencia de anfíboles la hemos comprobado en materiales de aquella procedencia.

3.5. Análisis térmico diferencial

Se realizó en un grupo de ocho muestras, los registros de las cuales se presentan en la fig. 3.

Como puede observarse, en casi todas las muestras se registra la inversión $\alpha \rightleftharpoons \beta$ cuarzo a 573°-590° C. Lo más importante, sin embargo es que, de acuerdo con lo indicado en el apartado anterior, todas ellas presentan efectos endotérmicos, a veces muy intensos, en la región de 750 a 860° C o más, correspondientes a la descomposición de los carbonatos alcalinotérreos. Asimismo algunas muestras presentan efectos endotérmicos a 850°-900° C, propios de restos de minerales de la arcilla, incluidas

micas, y asimismo efectos exotérmicos a mayor temperatura, 950-960° C, atribuibles a la formación de espinelas. Todo ello está de acuerdo con la composición que hemos atribuido a estos materiales, y sugiere temperaturas no elevadas de cocción.

3.6. Estudios térmicos. Pruebas de cocción

Como es bien sabido, los minerales de la arcilla sufren por calentamiento una serie de procesos que comienzan por la pérdida de agua de hidratación, continúan a temperaturas más elevadas con la deshidratación y culminan a temperaturas mayores con la destrucción de los minerales originales y la aparición de fases nuevas cristalinas o amorfas. Otros minerales no arcillosos que acompañan a los de arcilla en los yacimientos naturales sufren asimismo transformaciones importantes: descomposición

TABLA VI
DATOS DE DIFRACCION DE RAYOS-X

22-14-2		23-12-1		24-14-1		24-14-2		24-14-3		25-9-1		25-9-2	
d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀								
9,20	14	10,15	20	4,28	27	10,15	20	4,28	23	10,04	10	10,27	13
6,54	18	5,05	8	3,70	9	4,48	5	4,03	13	5,00	6	6,53	8
4,26	22	4,51	8	3,34	100	4,28	23	3,70	12	4,49	12	5,04	7
4,05	13	4,28	14	3,22	50	3,34	100	3,34	100	4,26	21	4,52	11
3,79	12	3,34	100	3,05	17	3,22	45	3,18	47	3,34	100	4,28	29
3,72	22	3,21	9	2,86	19	3,03	43	3,04	16	3,20	23	4,06	5
3,34	100	3,03	9	2,46	16	2,86	24	2,85	18	3,03	24	3,34	100
3,24	65	2,28	2	2,29	10	2,59	19	2,46	15	2,45	10	3,25	32
3,21	71	2,23	7	2,13	10	2,46	17	2,28	6	2,28	10	3,21	32
3,01	18	2,13	2	1,82	16	2,12	7	2,13	5	2,13	6	3,05	25
2,54	9	1,54	9	1,54	13	1,81	14	1,98	5	1,97	5	2,59	6
2,46	9					1,54	8	1,82	13	1,82	9	2,46	10
2,28	7							1,54	7	1,55	9	2,28	10
2,24	7											2,13	5
2,13	10											1,82	13
1,82	10											1,54	13
1,54	9												

25-9-3		25-10-1		25-10-2		25-12-1		25-12-2		25-12-1	
d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀	d(A)	I/I ₀
10,01	14	9,3	13	4,24	18	4,28	16	9,5	21	10,01	15
4,51	14	4,52	8	3,34	100	3,34	100	4,26	24	4,28	26
4,26	23	4,26	21	3,19	30	3,03	45	3,34	100	3,34	95
3,34	100	3,34	100	2,98	24	2,86	7	3,21	46	3,22	23
3,19	24	3,20	33	2,84	18	2,52	16	3,03	37	3,03	100
3,03	26	2,99	17	2,54	9	2,46	10	3,00	89	2,90	22
2,28	10	2,86	14	2,52	13	2,28	12	2,86	22	2,49	15
2,13	8	2,46	8	2,44	12	1,82	10	2,28	11	2,28	23
1,82	9	2,28	7	2,27	8	1,54	7	2,13	7	1,82	11
1,54	11	2,24	5	2,12	7			1,81	16	1,54	16
		2,13	13	1,81	12			1,54	13		
		1,82	12	1,54	8						
		1,54	12								

de los carbonatos alcalinotérreos reacción entre los materiales básicos así producidos o ya existentes y el cuarzo u otros materiales ricos en sílice, para producir silicatos de nueva formación, transformación de los óxidos de hierro, etc.

En la cocción de las piezas cerámicas tienen lugar procesos de esta clase que si bien en condiciones muy perfeccionadas afectan por igual a la totalidad de la pieza, en otras menos perfectas, como las que se daban probablemente en los talleres de alfarería del hombre primitivo, podrían ser muy desiguales para las distintas piezas e incluso para las partes de una misma pieza, según su posición en el horno, calentamiento y acceso del aire desiguales, naturaleza de los combustibles empleados, etc. En tales casos las distintas zonas de un mismo fragmento cerámico pueden presentar colores y aspectos muy diferentes, rojos o claros, oscuros o grises, a veces negros, etc.

Si objetos de esta clase se someten a nuevo calentamiento a temperaturas controladas, en horno de mufla, al aire, las diferentes capas de una misma pieza sufren cambios importantes (hasta llegar a adquirir aspecto uniforme a temperaturas determinadas) que sugieren transformaciones químicas y mineralógicas. Estos cambios junto con los datos de difracción de rayos-X para los materiales calentados, suministran información acerca de las temperaturas probables de cocción de las piezas originales. Algunas otras circunstancias deben tenerse en cuenta, en la medida de lo posible, tales como tiempos de cocción, condiciones oxidantes o reductoras, etc.

Para obtener esta clase de información y dado el número y variedad de fragmentos disponibles hemos seguido dos procedimientos.

1. De un conjunto de siete piezas se tomaron tres muestras (cada una de las cuales representaba a la totalidad de la pieza), dividiendo el conjunto obtenido en tres

TABLA VII
COMPOSICION MINERALOGICA APROXIMADA DE MUESTRAS DE FRAGMENTOS DE ANFORAS
DE CERRO MACARENO

muestra	C	D	I	K	O	P	A	H	M	Q
1- 2-1	++		+			++				++++
2- 1-1	+		+		+++	+		++		+
3-10-1	+					++++		+		+++
4-13-1	+++	+			+					+++
4-13-2	+++	+	+			+	+			+++
5- 1-1	+++		++			+				++++
6- 3-1	++	++			++		+			+++
6- 3-2	++	++	+		++					++
6-16-1	+++	++			+					+++
7-17-1	+++		+		+					+++
7-17-2	++		+		+					++++
8-13-1	+					+++				++++
8-14-1	++	+			++					+++
8-14-2	+	+				++				++++
11- 6-1	++		+		++				+	+++
12-17-1	++			+		+++				++
13-12-1	++		+			++	+			+++
13-17-1	++		+							++++
14- 1-1	+++		+		+		+			+++
14- 1-2	+++		+	++						+++
15- 2-1	+	+	++	+	+					+++
16- 4-1	+++	+		+		+				+++
17- 3-1	++	+				++			+	+++
17- 3-2	+	+				+			+	+++
18-10-1	++	+				+++			+	+++
18-10-2	++	+				+++				+++
20- 6-1	+++	++				++				+++
20- 6-2	+++	+				++				+++
22-13-1	+++	++			++					+++
22-13-2	++	++			++				+	+++
22-14-1	++			+		++				++++
22-14-2	+		+		++	+				+++
23-12-1	+		++		+					+++
24-14-1	++	+				+++				+++
24-14-2	++	+			++	++				+++
24-14-3	+	+				+++				+++
25- 9-1	++		++			++				+++
25- 9-2	++		++		++	+				+++
25- 9-3	++		++		+	++				+++
25-10-1	++	+				++			+	+++
25-10-2	++	+				++			+	+++
25-12-1	+++	+				+			+	+++
25-12-2	++	+	+		++					+++
25-13-1	+++	+	+			+				+++

Observaciones: 1.^a C, calcita; D, dolomita; I, ilita; K, caolinita; O, feldespatos potásicos; P, Plagioclasas; A, anfíboles; H, hematites; M, magnetita; Q, cuarzo. 2.^a Contenido: + presente (0-10%); ++ medio (10-20%); +++ abundante (20-35%); ++++ muy abundante (+35%).

grupos, cada uno de los cuales contenía las siete muestras citadas y calentando el primero de ellos desde la temperatura ambiente hasta 700°, el segundo hasta 900° y el tercero hasta 1.100°C, manteniendo cada grupo durante una hora a la correspondiente temperatura final. A continuación se obtuvieron los diagramas de difracción de rayos X de las muestras originales y calentadas y se anali-

zaron los cambios ocurridos a cada una de las temperaturas citadas. Estos diagramas de difracción se incluyen en las figuras 4 y 5.

2. En otro grupo muy numeroso de piezas se tomaron fragmentos con cortes frescos y se calentaron en horno de mufla al aire a temperaturas de 400, 500, 600, 700, 800, 900, y 1.100°C observando al final de cada

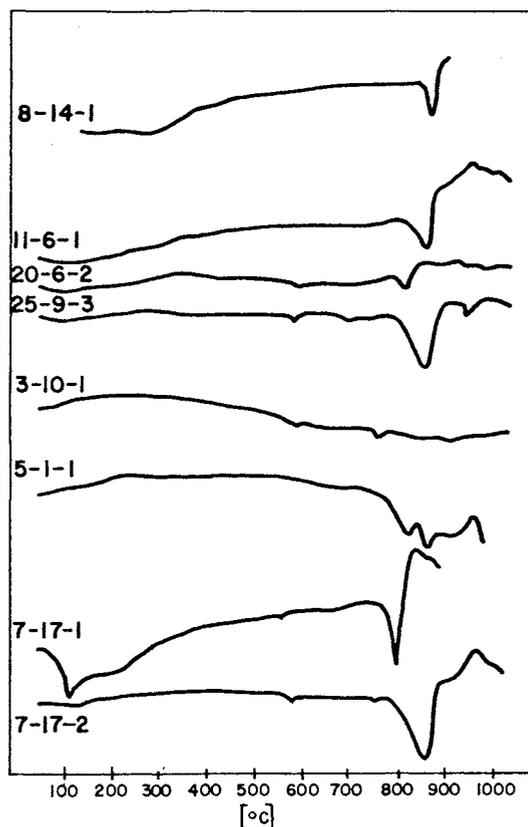


Fig. 3. Diagramas de A.T.D.

temperatura el cambio de tonalidad, color y aspecto del corte de cada pieza en comparación con el original no calentado.

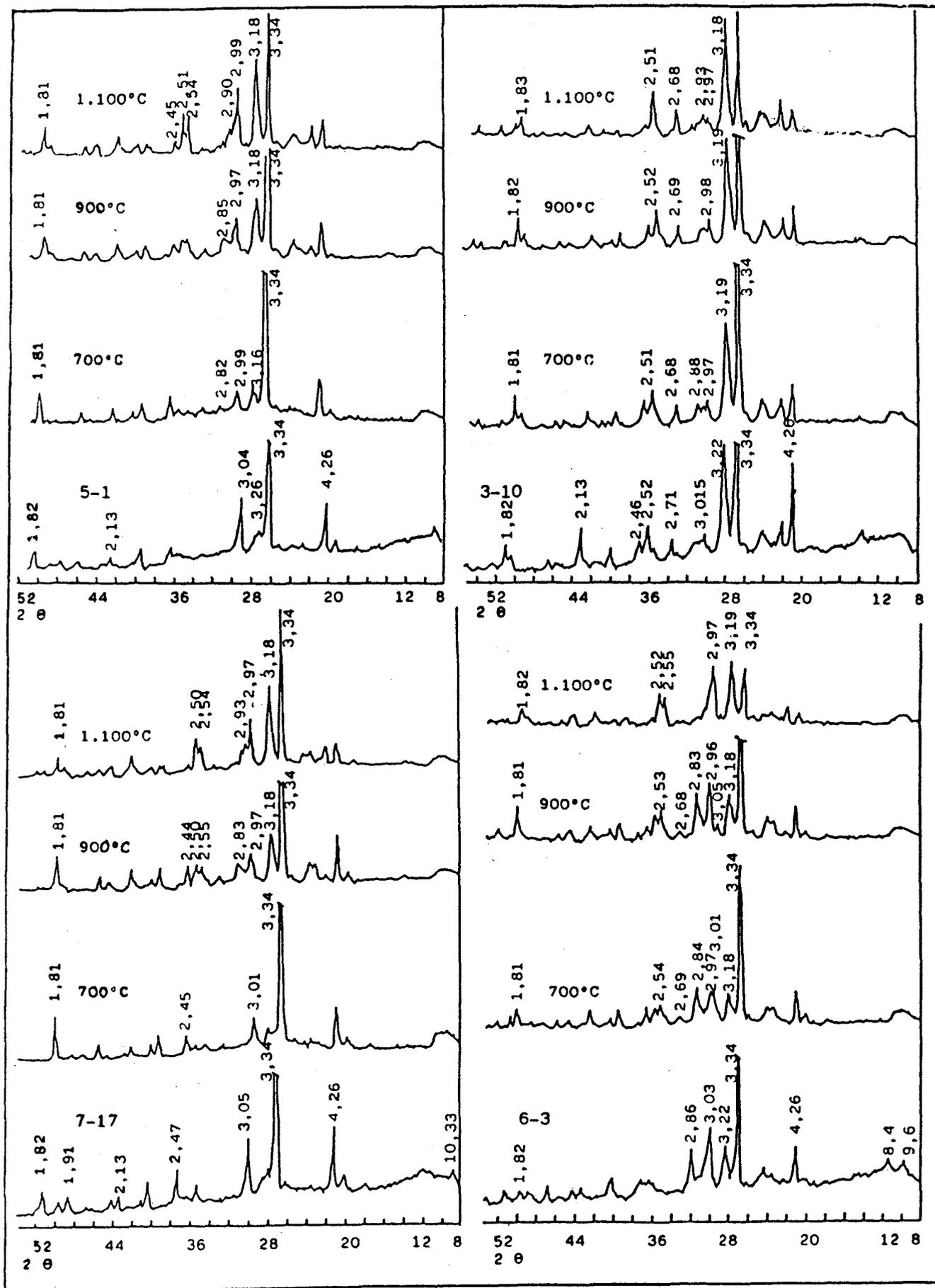
Las muestras calentadas y estudiadas por rayos X fueron las 3-10, 5-1, 6-3, 7-17, 11-6, 20-6 y 22-14. Como se indicó en otro lugar, todas ellas contenían carbonato cálcico en proporciones desde bajas hasta importantes; y cuarzo, por lo general en cantidades importantes; cuatro (5-1, 7-17, 11-6 y 22-14) contienen pequeñas cantidades de illita; en una (22-14) está presente la caolinita; dos de ellas (3-10 y 11-6) contienen hematites y magnetita, respectivamente; otras dos (6-3 y 20-6) tienen dolomita; cinco (5-1, 6-3, 7-17, 11-6 y 22-14) contienen feldespatos potásicos; tres (3-10, 20-6 y 22-14) plagioclasas; y en una de ellas (6-3) están presentes anfíboles.

Como puede observarse en el grupo estudiado por rayos X, la calcita ha desaparecido en todas las muestras a 900°; asimismo los feldespatos potásicos desaparecen ya en cuatro de las muestras a 700° y en la quinta (11-6) a 900°. En todos los casos, existiera o no plagioclasa en la muestra original, este compuesto aparece, o su proporción aumenta, a partir de 700° y en especial a 900° y 1.100°. En cuatro de las muestras se forma wollastonita (que no existía en ninguna original) al calentar ya a 700° mientras que en las tres restantes aparece a 900° aumentando su proporción con la temperatura. Ocurre también una segregación o cristalización de óxido de hierro por el calentamiento, ya en forma de hematites o, con más frecuencia, de magnetita, probablemente por haber efectuado el tratamiento en mufla cerrada.

Estos hechos sugieren ya que la temperatura de coc-

ción de las piezas originales estuvo entre 600 y 900°C. Varias de las muestras presentaban, sin embargo por ATD efectos endotérmicos bien marcados a 750°-780° o a 830-850°C, lo que indica que tampoco se alcanzaron estas temperaturas durante la fabricación. El intervalo de éstas se sitúa así entre 600 y 800°C. Si se observan además los cambios de color a cada temperatura, se puede concluir que de las siete piezas a que nos estamos refiriendo, dos (5-1 y 6-3) se cocieron a temperaturas inferiores a 700°C, cuatro (3-10, 7-17, 11-6 y 20-6) lo fueron probablemente a unos 700°C y otra (22-14) a unos 800°C. Si se tiene en cuenta que en todo lo anterior pueden influir los tiempos de cocción y que estos pudieron ser cortos, las temperaturas indicadas podrían elevarse algo, de modo que para los tres grupos citados las empleadas para la cocción podrían ser de 650-700°, 700-750° y 800-850°.

Para el resto de las muestras (37) correspondientes a 21 piezas en que no se realizaron diagramas de difracción de rayos X después de los calentamientos (desde 400 a 1.100°C de cien en cien), sino que se observaron y compararon detenidamente con los testigos respectivos los cambios de color de los cortes frescos de las piezas a todas las temperaturas, la fijación de las de cocción es forzosamente más imprecisa. No obstante, de esta observación y teniendo en cuenta al mismo tiempo la composición conocida de las muestras originales y lo concluido para el conjunto de las que se estudiaron por rayos X, se puede establecer que dichas temperaturas estuvieron también en 700 y 900°C. Tal vez aproximando algo más, puede sugerirse que en nueve de las 21 piezas citadas (4-13, 8-13, 14-1, 15-2, 18-10, 23-12, 25-9, 25-10 y 25-13) no se superaron los 700°C durante su fabricación; que en otras seis (2-1, 12-17, 13-12, 17-13, 22-13 y 25-12) la cocción se realizó entre 800 y 900°C y que en otras seis (1-2, 6-16, 8-14, 13-17, 16-14 y 24-14) se emplearon temperaturas así más bajas, entre 500 y 700°C. En general predominan las temperaturas de cocción bajas o medias en este grupo de muestras y solo en unas pocas aquellas alcanzan 800-850°C, probablemente con tiempos cortos de calentamiento. Esta circunstancia puede atribuirse al conocimiento práctico alcanzado por los alfareros antiguos que conocieron que a temperaturas algo más altas y con tiempos más largos de calentamiento, un componente común de las materias primas empleadas (en este caso el carbonato cálcico) se transforma en otra sustancia (óxido de calcio). Salvo a temperaturas notablemente más altas (> 900°C) no puede conseguirse que todo el óxido se integre en la wollastonita. Al no ocurrir esto, como sería probablemente el caso por limitaciones prácticas, si las piezas contienen mucho óxido de calcio, se hidratan con gran avidez y se carbonatan lentamente, ocurriendo fenómenos rápidos de expansión con rotura o incluso disgregación total. Esto, que es del dominio usual en la alfarería moderna, fue probablemente aprendido por experiencia por los alfareros antiguos que, en consecuencia, cocieron sus materiales a temperatura suficientes para darles la consistencia necesaria, pero no tan altas que les ocasionaran aquellos perjuicios. Ello induce a pensar que la elección de temperaturas medias a moderadamente altas de cocción no fue cuestión de azar, sino de utilidad aprendida y usada en la fabricación de la vasija más importante desde el punto de vista comercial de aquellos tiempos: el ánfora.



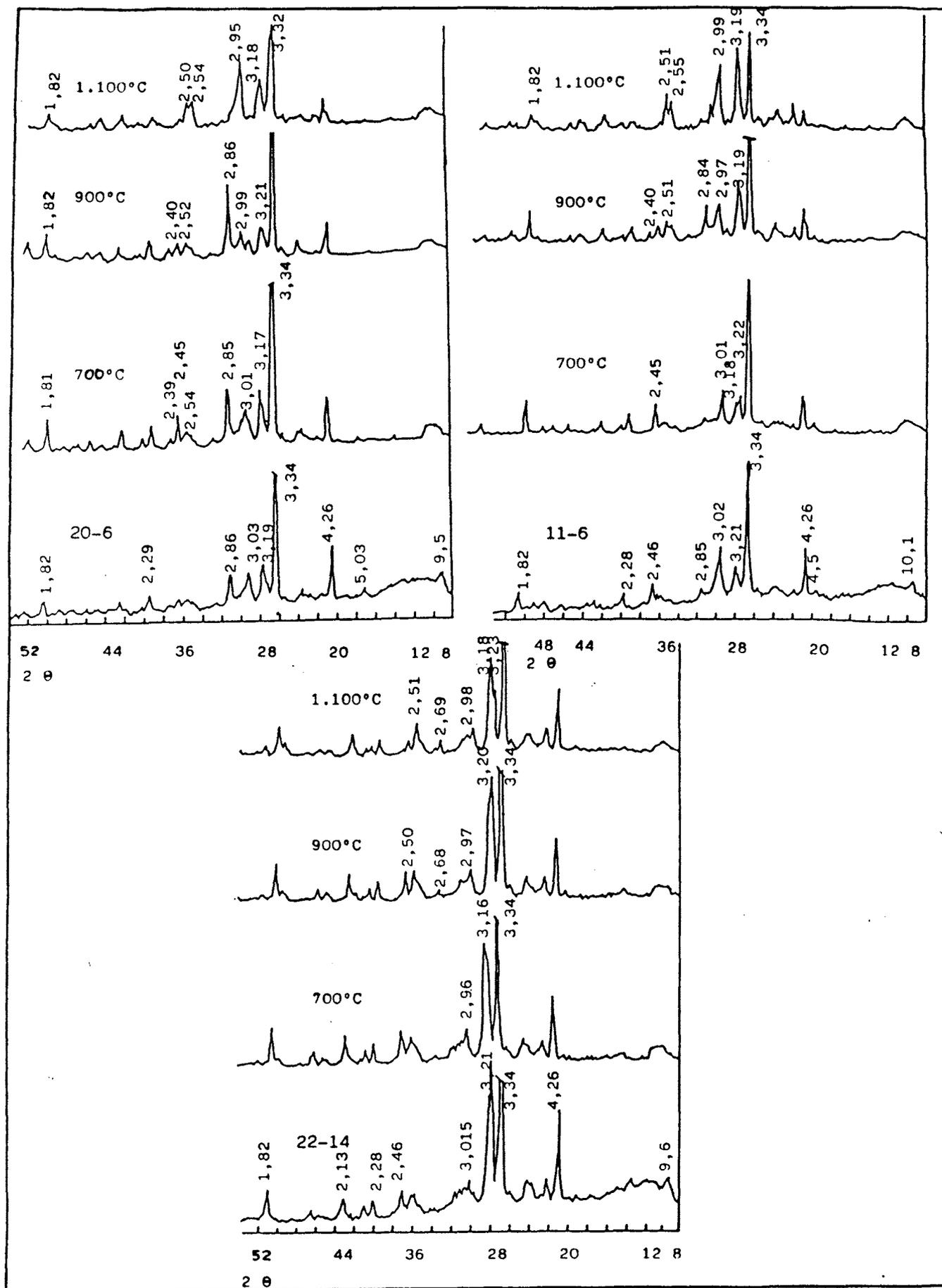


Fig. 5. Diagramas de difracción de rayos X de las piezas 11-6, 20-6 y 22-14 a distintas temperaturas.

BIBLIOGRAFIA

1. GONZÁLEZ GARCÍA, F.; GARCÍA RAMOS, G., y col.: Arcillas cerámicas de Andalucía. Bol. Soc. Esp. Cerámica, I: 3 (1964) 5, 481-502; II: 4 (1965) 1, 5-22; III: 5 (1966) 2, 229-245; IV: 5 (1966) 3, 337-359; V: 5 (1966) 6, 791-821; VI: 6 (1967) 2, 207-238; VII: 8 (1969) 1, 17-46; VIII: 9 (1970) 3, 265-296; IX: 10 (1971) 5, 545-572; XI: 16 (1977) 6, 353-360; XII: 17 (1978) 1, 17-22; XIII: 19 (1980) 3, 191-197; XIV: 19 (1980) 4, 255-262.
2. GONZÁLEZ VILCHEZ, C.; GARCÍA RAMOS, G.; GONZÁLEZ GARCÍA, F.: Estudio físico-químico y tecnológico de una serie de productos cerámicos del yacimiento arqueológico de Valencina de la Concepción (Sevilla). Actas del VIII Simposio Internacional de Prehistoria de la Universidad de Barcelona (en prensa).
3. GONZÁLEZ VILCHEZ, C.; GARCÍA RAMOS, C.; GONZÁLEZ GARCÍA, F.; PELLICER CATALÁN, M.: Cerro Macareno (Sevilla): The nature and provenance of amphoras and other earthenware pots from VIII to III centuries. Publicado en el Proceedings del 22nd Symposium on Archaeometry Universidad de Bradford, U.K., Inglaterra, 1982.
4. PELLICER CATALÁN, M.; ESCACENA CARRASCO, J. L.; BENDALA GALÁN, M.: El Cerro Macareno. Ministerio de Cultura. Dirección General de Bellas Artes y Archivos. 215 págs. (1983).
5. PELLICER CATALÁN, M.: Tipología y cronología de las ánforas prerromanas del Guadalquivir, según el Cerro Macareno (Sevilla). Habis 9-1978.
6. Normas U.N.E. Núms. 61032, 61033, 61034, 61039 y 61040.
7. GALÁN, E.; DOVAL, M.; ORTEGA, M.: Caracterización mineralógica de los materiales arcillosos. Inédito. 168 págs.