

Estudio de los ladrillos utilizados durante la época romana en Carmona (Sevilla): estudio mineralógico, térmico y físico

ALFONSO GUIRAUM PEREZ, DR. EN CIENCIAS QUIMICAS
 JESUS BARRIOS SEVILLA, DR. EN CIENCIAS QUIMICAS
 VICENTE FLORES ALES, QUIMICO

RESUMEN. *El presente trabajo se engloba dentro de un proyecto amplio en el que se pretende el estudio comparativo de los ladrillos y los morteros, de época romana, utilizados en las distintas comarcas de la provincia de Sevilla. Dicho proyecto incluye los análisis mineralógico, y térmico y de los ensayos físicos de las muestras estudiadas correspondientes a la ciudad de Carmona. Los resultados de los análisis químicos serán objeto de una segunda publicación.*

SUMMARY. *This report comprises a large project where a comparative study is performed of brick and mortar used in Roman times in different areas of the province of Sevilla.*

The project includes a mineralogical and thermic analysis of the physical tests of the samples which correspond to the chemical analysis will be discussed in a later publication.

INDICE GENERAL

0. Antecedentes 1. Introducción 2. Nomenclatura y relación de muestras 3. Técnicas utilizadas 4. Resultados
 5. Conclusiones 6. Agradecimientos 7. Bibliografía

0. ANTECEDENTES

Carmona se encuentra localizada en la zona de los Alcores, en la vega del río Corbones, dentro de la comarca de la provincia de Sevilla denominada La Campiña. Litológicamente está ubicada entre una zona de arcillas y una de calcarenitas situada al borde de Sierra Morena¹.

Su privilegiada situación geográfica ha hecho de ella una ciudad que ha estado habitada desde la prehistoria.

Las primeras referencias que se tienen de Carmona como enclave del Imperio Romano son del año 206 a.C., denominándose entonces Carmona. Convertida desde este momento en uno de los principales núcleos urbanos de la Bética, llegó a tener 3,6 km de perímetro y una extensión de 49,9 Ha², y aparece citada varias veces en textos relacionados

con conflictos bélicos. La ciudad amurallada, conservándose en la actualidad parte de la muralla con reformas y añadidos árabes y cristianos, siendo la puerta de Sevilla el entorno mejor conservado; la circunstancia de que Carmona esté situada sobre una meseta ha hecho que los escarpes hayan podido ser la causa de la desaparición de partes de la muralla.

Son numerosos los hallazgos arqueológicos de origen romano, pudiéndose destacar la Necrópolis, fechada en el siglo I a.C., y descubierta en 1868; el acueducto, que se conservó en uso hasta 1504, o su anfiteatro del siglo I a.C.³.

1. INTRODUCCION

Las arcillas forman parte, junto al humus, del grupo de compuestos coloidales pertenecientes a la

fase sólida del suelo. Las arcillas comunes son generalmente materiales sedimentarios, compuestos de minerales de origen secundario formados a partir de la alteración química de la roca. Estos materiales, en partículas de tamaño coloidal, se caracterizan por estar extremadamente divididos, por su forma aplanada (filosilicatos), por estar dotados de propiedades plásticas y absorbentes, y por gozar de gran actividad fisicoquímica.

En la actualidad, del total de arcillas comunes explotadas en el mundo, 2/3 se dedican a la fabricación de productos cerámicos de construcción y alfarería⁴. En lo que respecta a la construcción, del material que se extrae del barrero, el contenido en arcilla pura debe oscilar entre un 25% y un 70%, si se encuentra por debajo del 25% serán arcillas poco plásticas, siendo difícil su moldeado, mientras que si es superior al 70% serán excesivamente plásticas y difíciles de manipular⁵.

Un factor importante a tener en cuenta a la hora de utilizar una arcilla como materia prima para la fabricación de ladrillos es el contenido en CaCO_3 que, dependiendo del tipo de maquinaria de que se disponga para la molienda, podrá variar entre un 15% y un 20%. Es más, una vez terminado el ladrillo es necesario realizar el control de nódulos calizos, ya que un número elevado puede dar lugar a agrietamientos por hidratación.

Así mismo, las arcillas pueden ser grasas, aquellas que dificultan la entrada de agua en su interior, o arenosas, de efecto contrario; en ambos casos aparecen una serie de inconvenientes que se tratan de evitar con la adición de impurezas. El caso más común para las arcillas grasas, es la adición de arenas, serrín... que actúan como desengrasantes formando intersticios que permiten la entrada de agua, facilitando así el moldeado, y para las arenosas se adicionan Na_2CO_3 , taninos, NaOH , con el fin de mejorar la plasticidad.

Otro problema es la existencia de impurezas no deseadas, tales como yeso, piritas, álcalis o sales, que puedan dar lugar a eflorescencias o roturas, y que hay que eliminar previamente⁵.

El uso de la arcilla cocida como material de construcción es antiquísimo; así se conservan piezas datadas de 1539 -1514 a.C., con los nombres de los reyes egipcios de la decimoctava dinastía⁶, más cercano al periodo romano se tienen noticias que indican la utilización del ladrillo en el siglo III a.C., en el Palacio Nippur, en Mesopotamia⁷. Se introdujo en el mundo grecorromano a través de Sicilia, extendiéndose su uso durante el Imperio Romano, mayormente como material secundario, salvo en algunas zonas, en las que por las características del terreno se utilizó como material base en construcciones, tal es el caso del sur de España. En las construcciones hispanomusulmanas en general, el ladrillo es un material ampliamente utilizado. A lo largo de las distintas épocas el ladrillo ha sido un material que

no ha dejado de utilizarse en todo tipo de edificaciones, dándose la circunstancia añadida de que se presenta una magnífica resistencia al paso del tiempo, por lo que hasta nuestros días han llegado piezas cerámicas de construcción en perfecto estado.

En la Hispania romana se utilizaron diversos tipos de piezas cerámicas como materiales de construcción, ladrillos, tejas curvas, tejas planas, antefijas, ...⁸ Todos ellos realizadas en barro cocido y elaboradas con moldes de terracota, que además solían ser retocadas o adornadas con algún tipo de policromía una vez cocidas las piezas⁹.

El ladrillo cocido fue utilizado con diversas formas, inicialmente eran triangulares y más tarde con forma de paralelepípedo. Lo normal es que fueran de gran tamaño, y por lo general de buena factura y calidad, presentando un buen amasado, buena cocción y resistencia.

2. TOMA DE MUESTRAS Y NOMENCLATURA

Todas las muestras estudiadas corresponden a piezas cerámicas, ladrillos, procedentes de prospecciones arqueológicas realizadas en el núcleo urbano de Carmona, y pertenecen a distintos usos detallados en la descripción de cada una de las muestras.

La nomenclatura utilizada consta de dos términos, una letra correspondiente a la ciudad de Carmona, y



Figura 1

un número correspondiente a la zona de la que procede. En aquellos casos en que hay más de una pieza de la misma cata se ha utilizado un subíndice.

Relación de piezas estudiadas:

- **C1:** Ubicación: C/ Antonio Quintanilla Nº 5; época: siglo I a.C.; color: rojizo; peso: 239 g; medidas: 9,2 x 7,3 x 2,9 cm; diferencias de altura en las tablas: 0,15/0,22 cm. Ladrillo tipo **térculli** de pequeño tamaño, utilizado en la decoración de suelos. Presenta pequeños caliches.

- **C2₁:** Ubicación: C/ Enmedio nº 26; época: siglo I a.C.; color: rojizo y amarillento; peso: 1219 g; medidas: (roto) 15,2 x 14,2 x 4,6 (canto mayor), 3,2 (canto menor) cm. Ladrillo en forma de cuña, perteneciente a la tapa de una **cuppa** (tumba). Presenta numerosos calichas en la zona interior, Se aprecia una superficie exterior en la que el ladrillo presenta un color rojizo, siendo el interior de color amarillento, tal vez debido al haber sido sometido a algún tipo de ritual funerario. Se ha realizado análisis mineralógico por difracción de rayos X de las dos zonas, así se les asignan las denominaciones C2₁ (interior) y C2₁ (exterior).

- **C2₂:** Ubicación: C/ Enmedio nº 26; época: siglo I a.C.; color: rojizo con manchas amarillentas, peso: 3150 g; medidas: 23,4 x 14,9 x 4,7 cm; diferencias de altura en las tablas: 0,50 / 0,28 cm. Ladrillo perteneciente a una **cuppa**. Presenta algunos caliches. Este ladrillo fue sometido a un ritual del mismo tipo que el C2₁.

- **C3₁:** Ubicación: Plazuela de Lasso; época: siglo I a.C.; color: rojizo; peso: 1635 g; medidas: (roto) 12,4 x 23,2 x 4,0 cm; diferencias de altura en las tablas: 0,97/1,49 cm. Ladrillo muy irregular, roto, presenta marcas hechas con la mano, aparentemente para lograr una mejor adhesión del mortero, del que quedan pequeños resos adheridos. Una capa muy fina aparece desprendida en algunas zonas, posiblemente debido a los caliches (figura 1).

- **C3₂:** Ubicación: Plazuela de Lasso; época: siglo I a.C.; color: rojizo; peso: 2413 g; medidas: (roto) 18,5 x 23,9 x 3,9 cm.

- **C4:** Ubicación: C/ San Felipe nº 35-A; época: siglo I a.C.; color: rojizo; peso: 159 g; medidas: forma irregular. Trozo de un ladrillo de forma irregular, con bordes redondeados.

- **C5:** Ubicación: C/ Montánchez nº 4; época: siglo I a.C.; color: rojizo; peso: 302 g; pieza de forma irregular perteneciente a un ladrillo de adobe utilizado en el recubrimiento de las paredes de un horno. Al contacto con agua la pieza a disgregarse comienza.

- **C6:** Ubicación: C/ Montánchez nº 4; época: siglo II d.C.; color: pardo rojizo; peso: 589 g; medidas: 9,8 x 11,1 x 3,9 cm; diferencias de altura en las tablas: 0,36/0,42 cm. Trozo de un ladrillo, que presenta los bordes muy irregulares y estrías en el interior formando lascas. Esta pieza pertenece al conjunto de larillos con el que debió rellenarse el horno de la calle Montánchez nº 4, al que pertenece también la muestra C5, una vez que se dejó de usar.

3. TECNICAS UTILIZADAS

Las técnicas utilizadas para la realización de los distintos análisis son las siguientes:

Análisis mineralógico cualitativo y semicuantitativo, por difracción de rayos X, mediante método de polvo con muestra total. La muestra fue molida en mortero de ágata, una vez compactada se analizó en un difractómetro Phillips PW 1130 / 90, dotado de rendija automática, empleando la radiación K α del Cu, con filtro de Ni, en un intervalo de 3°-70°, a una velocidad de 2° 2 θ /min.

Análisis térmico diferencial (ATD) y termogravimétrico (TG). Los diagramas de análisis TG, pérdida de peso en función de la temperatura, y ATD, medida de la diferencia de flujo de calor respecto de una referencia o inerte, en este caso se ha usado alúmina calcinada, se han obtenido simultáneamente en un equipo térmico de alta temperatura Setaram 92, las muestras fueron tratadas al aire hasta 1000° C, empleando crisoles de platino, la velocidad lineal de calentamiento fue de 12° C por minuto.

Los ensayos físicos realizados a los ladrillos se han realizado según las normativas de calidad vigentes, UNE 67-027 para determinar la absorción y UNE 67-031 para la succión.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis mineralógico

La identificación de los difractogramas se ha realizado según el método de Brindley y Brown¹⁰, realizándose la cuantificación sobre los picos de más intensidad de los distintos minerales (figura 2). Los resultados se expresan en tanto por ciento en peso; aquellos en los que aparece NC son los minerales que han sido identificados en el difractograma, pero con señales que no permiten su cuantificación. Los valores obtenidos se pueden calificar de típicos, sin existir desviaciones llamativas para ninguno de los minerales presentes.

Los minerales identificados son: **Q:** cuarzo, SiO₂; **C:** calcita, carbonato de calcio; **F:** feldespatos, silicatos de sodio, aluminio; **H:** hematites, óxido de hierro; **D:** diópsido, silicato cálcico-magnésico; **G:** gehlenita, silicato de calcio y aluminio; **K:** kilchoanita, silicato de calcio (Ca₃SiO₇); **W:** wollastonita, silicato de calcio (CaSiO₃).

4.2 Análisis térmico (figura 3)

El análisis TG y ATD han sido efectuados con muestras entorno a los 50 mg de peso, presentando todas las piezas estudiadas comportamientos bastante similares. Así, en el análisis TG se observa una pérdida progresiva de peso debido inicialmente

te al agua mecánicamente retenida, continuando la pérdida por la eliminación del agua de composición de los minerales presentes y por la combustión de la materia orgánica, llegándose a un valor constante del peso una vez que se produce la descompo-

sición y consiguiente eliminación del CaCO_3 , lo que comporta una importante pérdida.

En el estudio de las curvas de ATD se han observado efectos endotérmicos a baja temperatura ($<300^\circ\text{C}$) debidos a la pérdida inicial de agua.

	Q	C	F	H	D	G	K	W
C1	50	26	8	<5	5	6	-	-
C2 ₁ i	37	26	20	<5	12	NC	-	-
C2 ₁ e	57	21	12	<5	5	NC	-	-
C2 ₂	41	28	19	<5	7	NC	-	-
C3 ₁	66	16	14	<5	NC	NC	NC	-
C3 ₂	76	13	6	<5	NC	NC	-	NC
C4	73	22	<5	<5	-	NC	-	-
C5	49	46	<5	-	-	-	-	-
C6	71	24	<5	<5	-	NC	-	-

Figura 2

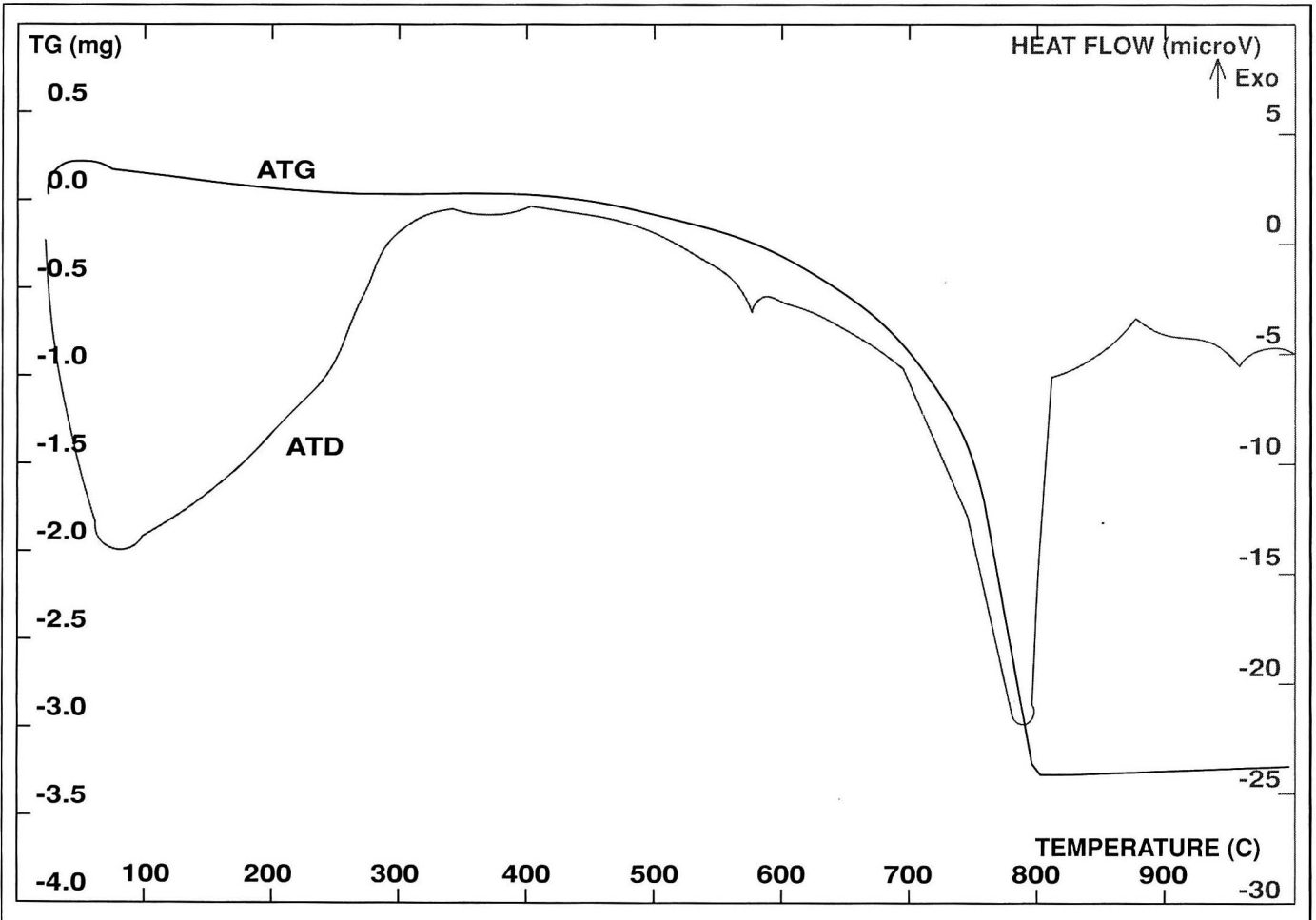


Figura 3

Algunas muestras presentan indicios bastante probables de existencia de materia orgánica, que se elimina a los 300°-400° C, lo que provoca un efecto exotérmico debido a la combustión de la misma. En todas las muestras aparece cuarzo cristalizado, detectándose el característico efecto endotérmico de inversión de las fases $\alpha = \beta$ entorno a los 574°- 576° C. Una vez alcanzadas temperaturas entre 770°-780° C, se produce un efecto endotérmico debido a la presencia de carbonatos (calcita), que se descomponen. En la muestra C2₁ int. la descomposición no se produce hasta los 792° C, lo cual podría asociarse a una diferencia en el tamaño de grano. A partir de los 800° C sólo se detectan efectos exotérmicos de baja intensidad, asociados a la posible formación o cristalización de nuevas fases, esto es de los minerales sintéticos (diópsido, gehlenita, kilchoanita, ...) debido al tratamiento térmico. Todos estos efectos son observables en el diagrama correspondiente a la muestra C2₁ int.

4.3 Ensayos físicos

Los ensayos físicos que se han podido realizar, por las características de las muestras, son los de succión y absorción de agua, habiéndose obtenido los resultados que se reflejan en la figura 4. Dichos valores son perfectamente aceptables dentro de las normas actuales de calidad.

5. CONCLUSIONES

A partir de los datos obtenidos de los análisis por difracción de rayos X, se observa una relación entre los contenidos de cuarzo y de diópsido (silicato cálcico-magnésico), guardando este último una secuencia proporcional al cuarzo. De manera que los contenidos más bajos en cuarzo (C2₁, C2₂, C1) corresponden a los valores más altos para la cuantifi-

cación del diópsido; ello se puede asociar a una transformación de la sílice de cuarzo en silicato cálcico-magnésico por efecto de la temperatura.

La presencia de pequeñas cantidades de mineral de origen sintético, tales como diópsido, gehlenita, wollastonita y kilchoanita, dan idea de que las temperaturas alcanzadas en la cocción se pueden considerar en torno al margen de los 800° - 850° C¹¹⁻¹², lo cual resulta acorde con el material utilizado como combustible, madera.

Los elevados contenidos en calcita tienen un doble origen, de una parte como mineral propio de las arcillas originales que no ha llegado a transformar durante la cocción, y de otra parte como mineral de nueva formación, resultado de la carbonatación del óxido de calcio, producto de la descomposición previa de la calcita. Esta descomposición se detecta en el ATD como se ha descrito anteriormente.

Por otro lado, en el momento en que se completa la descomposición de la calcita se produce una desestabilización del peso de la muestra, detectándose un valor constante en la gráfica del análisis TG hasta alcanzar los 1000° C, valor máximo considerado.

La falta de homogeneidad en el color de los ladrillos puede tener su origen en las diferencias en el contenido de oxígeno de la atmósfera de cocción y del proceso de enfriamiento¹¹, otra causa puede ser la transformación de los óxidos de hierro a alta temperatura, variando el color pardo rojizo a un color verdoso, ha de considerarse también la posible falta de homogeneidad en la temperatura de cocción.

La calidad de los ladrillos de época romana es un hecho contrastado. Ello queda refrendado por los datos obtenidos en los ensayos físicos de absorción y de succión, ya que dichos valores se encuentran dentro de los límites permitidos en la actualidad por las normas de calidad: para la absorción (UNE 67-027) el máximo permitido para ladrillos de este tipo es del 18%, y para la succión (UNE 67-031) es 0,45 g/cm² min.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean hacer patente su agradecimiento al Dpto. de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Sevilla, al Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla y a la empresa Vorsevi S.A., por haber facilitado la realización de determinados ensayos. Así como a los arqueólogos municipales de Carmona por su colaboración.

7. BIBLIOGRAFIA

1 GALAN, E., PEREZ, J.L. y col.: *Geología de Sevilla alrededores y características de los suelos del área urbana*. Ayuntamiento de Sevilla. Sevilla, 1989; pp 95-101.

	SUCCION	ABSORCION %
C1	0,06	15,1
C2 ₁	0,08	16,3
C2 ₂	0,05	15,5
C3 ₁	0,04	15,5
C3 ₂	0,03	10,8
C4	-	15,1
C5	-	-
C6	0,06	15,8

Figura 4

- 2 MORALES, A.J., SANZ, M.J., SERRERA, J.M., Valdivieso, E.: *Guía artística de Sevilla y su provincia*. Excma. Diputación Provincial de Sevilla. Sevilla, 1989; pp 361-362.
- 3 JIMENEZ, A.: *La puerta de Sevilla de Carmona*. Consejería de Obras Públicas Junta de Andalucía. Sevilla, 1989; pp 35-45.
- 4 GARCIA, J., MARTINEZ, J.: *Recursos minerales de España*. (González Díez, I.: Arcillas comunes). CSIC. Madrid, 1992; pp 95-112.
- 5 ARREDONDO, F.: *Estudio de materiales VI: Cerámica y vidrio*, (2ª Ed.) Instituto E. Torroja de la construcción y del cemento. Madrid, 1961; pp 11-17.
- 6 BARAHONA, E.: *Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: Evaluación de algunos ensayos de materias primas*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, 1974; p 19.
- 7 ORUS, F.: *Materiales de construcción*, (7ª Ed.). Dossat. Madrid, 1985.
- 8 GARCIA, R., VIGIL, R., RAMOS, M.L.: *Estudio arquitectónico de algunos materiales cerámicos de construcción (tejas y antefijas) de la Hispania romana*. Bol. Soc. Esp. de Cerámica y Vidrio. Nº 31, 1992; pp 435-439.
- 9 ADAM, J.P.: *La construction romaine, materiaux et techniques*. Masson & Cie. Paris, 1984; p 137.
- 10 BRINDLEY, G.W., BROWN, G.: *Crystal structures of clay minerals and their X ray identification*. London Mineral Society. London, 1980; pp 346-449.
- 11 De la TORRE, M.J., RODRIGUEZ, J., SEBASTIAN, E.: *Estudio preliminar de ladrillería en la Alhambra (Granada), mineralogía, análisis textural y tecnología de fabricación*. Bol. Soc. Esp. de Mineralogía 15-1. 1992; pp 74-77.
- 12 GONZALEZ, I., RENEDO, E., GALAN, E.: *Clay minerals for structural clay products from the Bailén area, southern Spain*. Uppsala Symposium Clay Minerals Modern Society. Uppsala, 1985; pp 77-90.