

I Congreso Internacional
**“El Patrimonio
Cultural y Natural
como Motor
de Desarrollo:
Investigación
e Innovación”**

M^a Ángeles Peinado Herreros (Coord.)

Caracterización de los yacimientos de arcilla en la provincia de Granada aplicada al conocimiento de los bienes de interés histórico-artístico

Carmen Bermúdez Sánchez; Lucía Rueda Quero

Dpto. Escultura. Universidad de Granada

Cultrone, Giuseppe

Dpto. Mineralogía y Petrología. Universidad de Granada

INTRODUCCIÓN

La profusión, variedad y repercusión del uso de la arcilla en Granada a lo largo de la historia, constata la riqueza de yacimientos en la provincia, no sólo en número, sino también en extensión, tipologías y su calidad. Los usos han sido, y son, muy diversos: material de construcción, alfarería, ornamentación, utillaje, escultura, ... Nuestra aportación es, sin duda, imprescindible desde distintos puntos de vista. Hemos comenzado con la actualización y localización de los yacimientos de los que se han encontrado referencias escritas a lo largo de la historia y actuales, y tanto desde el punto de vista geográfico y mineralógico como histórico-artístico, relacionando la información existente referente a la localización de los distintos afloramientos y su estado de explotación. A partir de este punto, hemos extraído de cada yacimiento muestras de material de diferentes estratos, en diferentes niveles de profundidad y de distinta tipología de arcilla si se ha dado el caso. Con todas las extracciones se han elaborado las correspondientes probetas que se han sometido a distintos grados de cocción, reservando probetas en crudo. En todas se ha llevado a cabo un complejo estudio de las características físicas y compositivas, lo que ha supuesto el grueso principal de esta primera etapa de la investigación, centrándonos en los estudios para su caracterización mineralógica y conocer la composición específica de cada yacimiento, principales

características físicas y químicas, posibles elementos en traza de clara influencia en su evolución material y cualquier dato estructural o de comportamiento que, en definitiva, pudiera resultar de interés para las aplicaciones y usos de esta materia prima. Destacamos la importancia que pueden significar los resultados obtenidos, no sólo en la clasificación y muestreo de cada yacimiento, incluidos los estudios para yacimientos, aún en explotación en la actualidad para uso tecnológico, sino, como principal objetivo de este trabajo, su aplicación en el campo de la historia y los procedimientos técnicos y evolutivos, relativos tanto al punto de vista de la conservación y conocimiento del Patrimonio histórico-artístico, como arqueológico, arquitectónico o de artesanía.

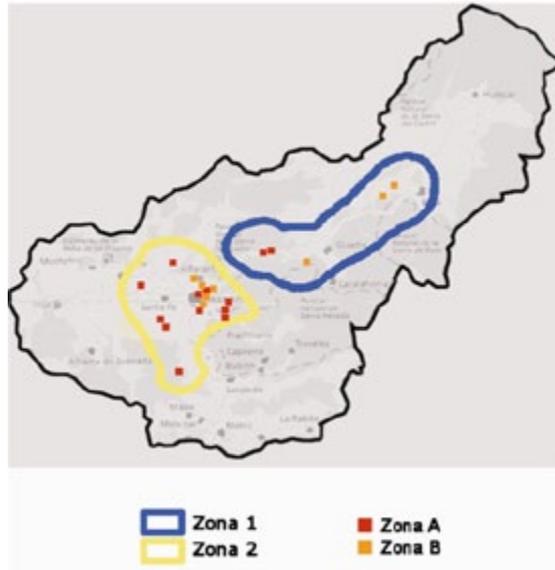
METODOLOGÍA

El primer paso a seguir en el estudio, como ya se ha comentado en la introducción, ha sido la localización de todos los yacimientos de los que hemos encontrado referencia documentada, y según el uso de los mismos y la explotación que se ha venido dando tradicionalmente. Esto nos ha llevado a clasificar los distintos yacimientos atendiendo, en principio, a las fuentes documentales manejadas, para posteriormente confirmarlo según los resultados de los estudios analíticos.

La actualización de su ubicación se ha determinado por coordenadas mediante la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica, estructurando los yacimientos según localización geográfica y poblaciones de abastecimiento, y diferenciándolos según los usos y aplicaciones que se han venido dando a las arcillas tradicionalmente, en función de sus características e idoneidad. Así, la clasificación queda como sigue (ver foto 1):

- Zona 1: yacimientos del norte de la provincia de Granada, con abastecimiento principalmente a la zona de Guadix-Baza.
 - . Zona 1.A: arcillas de mayor plasticidad y granulometría más fina, más idóneas para el uso en alfarería y escultura.
 - . Zona 1.B: arcillas de menor plasticidad y granulometría heterogénea, más acordes para su uso en construcción, principalmente teja y ladrillo.

- Zona 2: yacimientos localizados en el cinturón de la ciudad de Granada, con abastecimiento principalmente a la capital y al resto de la provincia.
 - . Zona 2.A: arcillas de mayor plasticidad y granulometría más fina, más idóneas para el uso en alfarería y escultura.
 - . Zona 2.B: arcillas de menor plasticidad y granulometría heterogénea, más acordes para su uso en construcción, principalmente teja y ladrillo.



*FOTO 1: Fuente: Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez;
 Nota pie de imagen: Foto 1: Mapa geográfico simplificado de la provincia de Granada indicando la situación de los principales yacimientos arcillosos localizados explotados a lo largo de la historia.*

Del resto de la provincia no se han encontrado referencias documentales, o estudios desde el punto de vista mineralógico que se puedan considerar de cierta relevancia, por lo que no se han estimado en este trabajo.

De todos los yacimientos se han actualizado los datos referentes a su estado actual: sin explotación, sin vía de acceso, abandonados, agotados, aún en explotación,...; y al uso que se ha venido haciendo de los mismos: aplicación, envergadura, poblaciones de abastecimiento,...; haciendo especial referencia a cualquier tipo de información que pueda resultar de interés: época y poblaciones

de mayor aprovechamiento, volumen de extracción y ámbito de repercusión, principales aplicaciones y referencias a artistas, artesanos o talleres y fábricas que han hecho uso de los mismos; así como la principales tipologías de material arcilloso que se pueden extraer de cada yacimiento.

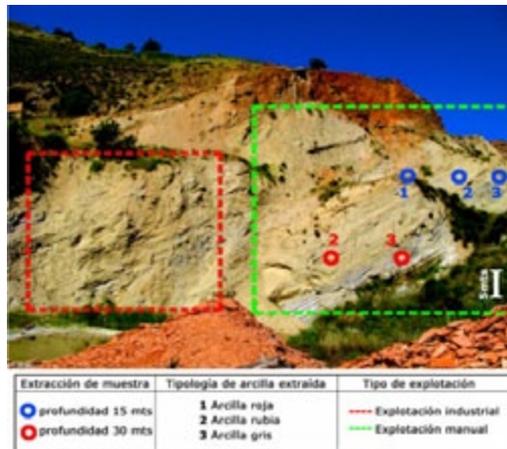


FOTO 2: Fuente: Lucía Rueda Quero; Nota pie de imagen: Foto 2: Detalle del yacimiento de Monachil indicando zonas de extracción y diferenciación de los distintos afloramientos arcillosos presentes.

A partir de este punto, hemos extraído de cada yacimiento muestras de material de diferentes estratos, en varios niveles de profundidad y de distinta tipología de arcilla, como ha sido el caso del yacimiento de Monachil, según vemos en la foto 2. Con todas las extracciones se han elaborado las correspondientes probetas, todas ellas siguiendo idénticos protocolos en cuanto al método tradicional de preparación o fabricación de la arcilla: secado, batido, cribado, decantado, amasado, cuajado y conformado de probetas a partir de moldeado manual; para, a continuación, proceder al secado de las mismas, todas ellas con idénticas condiciones ambientales (ver foto 3), y posteriormente se sometieron a la correspondiente cocción. Para la selección de los distintos grados de cocción, se ha considerado el rango de temperatura más utilizado a lo largo de los siglos XVII al XIX, y teniendo en cuenta, sobre todo, la tipología de hornos de cada época y su capacidad calorífica. De este rango se han seleccionado como más representativos: 850° C, 900° C y 950° C, reservando probetas en crudo, ya elaboradas con las mismas características, unas para su estudio sin cocer y

otras para su posible uso como material de reemplazo y para su posterior cocción a otras temperaturas según se precise a raíz de los resultados que se vayan obteniendo.



FOTO 3: Fuente: Lucía Rueda Quero; Nota pie de imagen: Foto 3: Relación de probetas obtenidas de diferentes yacimientos en proceso de secado previo a la cocción, todas con iguales condiciones de fabricación para favorecer la fiabilidad de los resultados.

Sobre el total de las muestras estudiadas se han llevado a cabo una serie de análisis, seleccionados en función de los resultados que se pretenden obtener, principalmente atendiendo a las propiedades físicas y químicas que determinen su idoneidad y aplicación para uso industrial o realización de obra artística, entre otras; identificación de elementos traza para una posible caracterización de piezas históricas; así como su posible aplicación en estudios sobre su evolución material y estado de conservación aplicado a los Bienes de Interés Histórico-Artístico, que es el fin último de este trabajo de investigación.

En una primera selección se han establecido los siguientes estudios:

- Análisis mineralógico: difracción de rayos-X, microscopía electrónica de barrido, microscopía óptica de polarización
- Análisis químicos: fluorescencia de rayos X
- Análisis térmicos: termogravimetría
- Ensayos físicos: ensayos hídricos, porosimetría de inyección de mercurio, propagación de ondas ultrasónicas, colorimetría

En función de los resultados a obtener, la sensibilidad y precisión de los mismos (cuantitativos o cualitativos), así como el grado de destrucción de muestra que conlleva cada análisis y su posible contaminación para los siguientes ensayos, se determinan los análisis a efectuar y su orden de realización. Y, en todo caso, atendiendo a que pueden ser aplicados sobre piezas históricas, y que algunos son destructivos, por lo que hay que considerar primeramente cómo se ordenan en una pieza histórica real para aplicarlos de igual manera sobre el supuesto o probeta.

Este trabajo de investigación aún está en proceso de realización. Solamente se han acabado los estudios referentes a los yacimientos localizados e incluidos en la que hemos considerado como Zona 2. Una vez realizados todos los estudios, se podrá llevar a cabo la consecuente interpretación de los mismos, realizando la definitiva discusión de resultados y seleccionando aquellos estudios que consideremos más idóneos a cada caso según aporten datos específicos y establezcan la aplicabilidad más efectiva dado el objeto de esta investigación.

Con los resultados que se obtendrán se pretende crear una base de datos de manera que cada usuario pueda extraer la información según precise, y realizar los estudios comparativos de manera individualizada; y, con el objeto de que se pueda acceder a ellos más fácilmente y darles una mayor difusión, esta base tendrá acceso a través de Internet.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Como ya hemos comentado anteriormente, este trabajo, aún está en fase de realización, pero podemos anticipar algunos de los resultados obtenidos, siempre entendiéndolos de manera parcial, ya que su completa interpretación vendría dada una vez finalizados todos los análisis y elaborados los correspondientes estudios comparativos.

De los resultados parciales que ya se están obteniendo, y que ponen de manifiesto la oportunidad y eficacia de lo que puede ser el resultado final, se presentan algunos que, sin ser los más

significativos, hemos considerado ilustrativos por su variedad de resultados, y tanto con probetas en crudo como cocidas: estudios de contracción y deformación, difracción de rayos X y propagación de ondas ultrasónicas:

1. Estudios de contracción y deformación

Este ensayo analiza los posibles cambios de volumen que experimenta la masa arcillosa tanto en el proceso de secado y elaboración de la probeta como tras su cocción. En principio los resultados pueden determinar la idoneidad de la misma para ser usada, sobre todo en aquellos casos en los que se experimenten grandes deformaciones y/o variaciones en el volumen total. Si son muy acusados durante la deshidratación, deben desecharse de antemano para la cocción ya que, incluso, los cambios relativos durante el secado pueden ser un posible indicio de que van a seguir ocurriendo durante la cocción y las probetas pueden romper, presentar grietas o estallar durante este proceso. También la aparición de grietas, en el secado o la cocción, interferirán en la resistencia final de la pieza.

La tabla ilustrativa (ver foto 4) representa la suma total de los cambios sucedidos en sus medidas desde que se conforma la probeta hasta después de la cocción una vez enfriada la pieza. Según se aprecia, podemos observar que solamente se han detectado variaciones muy acusadas en las piezas de arcilla roja de Diezma (DR1 y DR2), seguidas por las de la gris de Diezma (D3). DR1 y DR2 han estallado en el proceso de cocción, aunque ello también ha podido ser debido a una diferencia composicional con respecto a las demás probetas; curiosamente, como veremos en el siguiente estudio, presentan mayor cantidad de filosilicatos (Phy) que, han podido favorecer la compactación de la masa, causando alteraciones en la uniformidad del proceso de secado durante la primera fase de cocción, por lo que han debido cocerse otras nuevas tras realizarles, por precaución, un segundo secado controlado previo a la cocción. La aparición de relativas cantidades de filosilicatos indicaría que esta fase mineral puede ser indicativa de problemas de deformación o cambios de volumen.

CONTRACCIÓN Y DEFORMACIÓN				
MUESTRA	AGUA DE AMAÑADO	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN LATERAL	CONTRACCIÓN
M1	23,93%	0%	7,69%	6,18%
M2	26,02%	0%	2,30%	7,41%
J	20,71%	0%	0%	6,18%
D1	23,40%	0%	0%	4,00%
D2	22,59%	0%	0%	1,83%
D3	26,11%	0%	10,50%	6,48%
DR1	25,84%	0%	0%	12,95%
DR2	24,92%	0%	0%	12,36%
V	21,57%	0%	0%	4,94%
F	18,00%	0%	0%	3,06%
B	18,54%	0%	0%	5,53%
G	22,01%	0%	0%	7,41%

FOTO 4: Fuente: Lucía Rueda Quero; Nota pie de imagen: Foto 4: Suma total de los cambios sucedidos en las medidas de las probetas desde que se conforman hasta después de la cocción una vez enfriadas. Resultados obtenidos de las muestras de Monachil (M), Jun (J), Diezma (D), Diezma Roja (DR), Viznar (V), El Fargue (F), Beiro (B), Guadix (G). Los números que acompañan a las siglas indican diferente tipología de muestras.

2. Difracción de rayos X

Este análisis determina la mineralogía de los materiales muestreados y nos permite observar similitudes o diferencias entre las distintas canteras. Así mismo, permite conocer la composición de otras fases minerales, ajenas a la composición, que pudieran considerarse posibles causantes de deterioro o alteración, como sales contaminantes o productos de corrosión, siempre y cuando se encuentren en una proporción estimable. Esta técnica se basa únicamente en la identificación cualitativa y cuantitativa de la fase mineral cristalina, por lo que no tendremos información sobre la presencia de sustancias amorfas. Discrimina todos aquellos componentes que se encuentren en una proporción menor determinada por el margen de error del instrumental empleado, en este caso el 5%. Los minerales por debajo de este valor se recogen como trazas (t). Este estudio puede ser completado con otras técnicas analíticas como el microanálisis EDX para la posible identificación de otros elementos que por su estructura amorfa o baja concentración no se hayan detectado y pudieran ser de interés para completar el estudio.

En cuanto a los componentes identificados en esta investigación, se han cuantificado los filosilicatos (Phy), minerales que influyen en su comportamiento; cuarzo (Q), plagioclasa (Pl), calcita (C) y dolomita (D), minerales que participan en la estructura; hematites

(Hem), que participan en la tonalidad del material, y otros elementos de alteración y sus fases, ajenos a la composición, considerados posibles causantes de deterioro, como el yeso (Gyp).

DIFRACCIÓN DE RAYOS-X							
MUESTRA	O	C	Phy	Pl	D	Gyp	Hem
D1	50 %	10%	↑	5%	35%	-	-
D2	60 %	-	↑	↑	40%	-	↑
D3	55%	30%	5%	5%	5%	-	-
DR1	45%	45%	5%	↑	5%	-	-
DR2	80%	-	15%	↑	5%	-	-
J1	40%	15%	↑	5%	20%	20%	-
J2	60%	20%	↑	↑	20%	↑	-
J3	70%	10%	↑	20%	-	-	-
Jm	35%	30%	↑	10%	10%	15%	-
M1b	60%	35%	↑	5%	↑	-	-
M1a	50%	35%	↑	10%	5%	-	-
M1m	40%	45%	↑	15%	-	-	-
M2	50%	25%	↑	5%	15%	5%	-
V	70%	5%	↑	10%	5%	10%	-
F	5%	90%	↑	-	5%	-	-
B	65%	25%	↑	↑	10%	-	-
G	90%	-	↑	10%	-	-	-

FOTO 5: Fuente: Lucía Rueda Quero; Nota pie de imagen: Foto 5: Identificación mineralógica de las muestras determinada por Difracción de rayos X indicando concentración de los componentes.

Como ejemplo de los resultados, destacar que la tierra arcillosa de Guadix (G) es la de mejor comportamiento en el proceso de cocción debido a la presencia de una alta cantidad de cuarzo. El material procedente de El Fargue (F) resulta ser una arcilla de muy mala calidad determinada por su alta cantidad de carbonatos (superior al 90%), dato cotejado posteriormente con el análisis de ultrasonidos; ello podrá influir en la calidad final de la pasta una vez cocida.

Los resultados obtenidos de la probeta realizada con la mezcla obtenida entre las distintas tierras de Monachil (M1m) y los de la tierra roja de Diezma (DR1) indican una alta cantidad de calcita; por encima de un tercio en la composición total de la mezcla puede ser perjudicial, ya que es susceptible, durante el proceso de cocción, de formar óxido de calcio que, en contacto directo con la humedad ambiente, hidrata y se transforma en hidróxido de calcio, sufriendo un cambio dimensional que, si tiene suficiente entidad, puede llegar a romper la superficie de las piezas produciendo fisuras y desconchados característicos conocidos como *caliche*.

3. Propagación de ondas ultrasónicas

Éste es un método para conocer con buena precisión la compacidad de la pieza de manera indirecta. Depende de la composición y densidad y varía en el mismo sentido de la resistencia mecánica. Es decir, que informa sobre la heterogeneidad de la arcilla cocida, así como de la presencia y distribución de poros y/o existencia de grietas y fisuras, lo que en definitiva influye en la resistencia de la pieza final. Puede ser aplicable para el estudio del comportamiento y evolución material tanto de la probeta cocida como de la pieza histórica.

Los resultados obtenidos con este estudio sobre las probetas cocidas (ver foto 6), pendientes de lo que aporten análisis posteriores que lo ratifiquen, indican un aceptable comportamiento de resistencia mecánica en la mayoría de los yacimientos estudiados – a excepción de los resultados de Guadix (G), Diezma gris (D2), El Fargue (F) y la arcilla roja de Diezma (DR1 y DR2) –; y, en general, aumenta de manera proporcional a la temperatura de cocción; esto puede explicarse debido a la posible fusión de determinados componentes que hayan hecho la masa más homogénea, algo que solo se podrá contrastar con los correspondientes estudios composicionales.

Los resultados obtenidos en los yacimientos de Guadix y el de arcilla gris de Diezma, que presentan velocidades inferiores al resto, pueden ser indicio de una menor homogeneidad y, probablemente, derivar en una menor resistencia respecto a las demás muestras estudiadas. Esto no es necesariamente significativo en Guadix ya que experimenta un mayor incremento de velocidad conforme aumenta la temperatura de cocción, lo que indicaría una mayor idoneidad de las piezas si están cocidas a altas temperaturas.

Las probetas de arcilla roja del yacimiento de Diezma arrojan resultados de velocidad de propagación ultrasónica más elevada en todos los casos, de lo que podría deducirse una alta homogeneidad unido a, probablemente, la escasa presencia de poros y/o fisuras, lo que podría ser indicativo de una buena resistencia física en este tipo de piezas.

Los resultados obtenidos en las probetas de El Fargue (F) están muy por debajo de la media, dando un comportamiento errático que indica su escasa idoneidad y aplicabilidad a cualquier tipo de uso. La diferencia de resultados entre este yacimiento con los de las otras canteras se debe a su alto contenido en carbonatos (superior al 90%). Este dato también podría ser, dado el caso y en concordancia con otras serie de parámetros, un punto de localización de problemas en algunas piezas históricas que se hayan elaborado con arcilla procedente de éste e, incluso, podría ser un elemento marcador de la procedencia de la arcilla para la elaboración de otras.

PROPAGACIÓN DE ONDAS ULTRASONICAS			
MUESTRA	850 °C	900°C	950°C
M1	2649 m/s	2500 m/s	2785 m/s
M2	2384 m/s	2476 m/s	2589 m/s
J	2651 m/s	2371 m/s	2702 m/s
D1	2320 m/s	2361 m/s	2139 m/s
D2	1302 m/s	1488 m/s	1618 m/s
D3	2698 m/s	2908 m/s	2281 m/s
DR1	2579 m/s	3215 m/s	3421 m/s
DR2	2117 m/s	3202 m/s	3686 m/s
V	2285 m/s	2414 m/s	2433 m/s
F	1312 m/s	1542 m/s	1414 m/s
B	2124 m/s	2317 m/s	2217 m/s
G	1409 m/s	1583 m/s	1843 m/s

FOTO 6: Fuente: Lucía Rueda Quero; Nota pie de imagen: Foto 6: Resultados del estudio de propagación de ondas ultrasónicas sobre probetas cocidas de los diferentes yacimientos.

CONCLUSIONES

- La gran profusión de elementos arquitectónicos, decorativos, utillaje, obra de arte y demás manifestaciones artesanales y costumbristas realizadas con material arcilloso en Granada es muestra de la gran cantidad y envergadura de canteras; algo que queda, además, cotejado con los resultados obtenidos en esta investigación y que ponen de manifiesto la buena calidad de los mismos. De ahí no solo el número de piezas que se fabrican, sino la calidad de las mismas, y la gran demanda que hay de estas arcillas incluso fuera de la provincia. Recordar que los yacimientos catalogados dentro de la zona 2, son capaces de cubrir la demanda y necesidades de toda la provincia, salvo la zona norte, que es abastecida por la zona 1.

- La tipología y calidad del material arcilloso justifican la diversidad y calidad de los objetos realizados. Esta gran profusión de piezas históricas también está confirmada por la variedad en cuanto a composición de arcillas que se identifican, pudiéndose optar por unas u otras, según idoneidad y características específicas, atendiendo a los diferentes usos; incluso las múltiples posibilidades que se pueden lograr con las distintas mezclas que entre ellas se han venido realizando tradicionalmente.
- La identificación de yacimientos y su caracterización conlleva más posibilidades en el conocimiento de la evolución material y factores intrínsecos de deterioro de las piezas históricas, con todo lo que ello implica en el campo de la arqueología, escultura, arquitectura y materiales de construcción, artesanía, etc.
- La transmisión de los resultados puede ser más efectiva con la publicación en papel impreso y su difusión a través de la red. La elaboración de una base de datos, y su consulta vía Internet, permite ordenar y filtrar los registros agrupados de forma interactiva adaptándolos a las necesidades concretas de cada usuario y/o pieza histórica.
- La consulta de datos vía web con registro de identidad fomenta la creación de una red de expertos en la materia, favoreciendo el trabajo interdisciplinar y su interrelación para el intercambio de información y la generación de nuevas líneas de investigación.

AGRADECIMIENTOS

Los estudios analíticos se han llevado a cabo en las instalaciones del Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada, que ha facilitado el instrumental necesario. La financiación la han llevado a cabo el Proyecto de Investigación MAT2008-06799-C03-03, el Grupo de Investigación RNM 179 de la Junta de Andalucía pertenecientes a este Departamento y el Contrato de Investigación nº 2481 de la Fundación General Universidad de Granada-Empresa.

BIBLIOGRAFIA

AYALA CARCEDO, F.J. et al., *Mapa predictor de riesgos por expansividad de arcillas en España a escala 1:1000.000*. Colección Geología Ambiental. Madrid: Ed. Instituto Geológico y Minero de España. 1986.

BARAHONA FERNÁNDEZ, E. *Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada*. Tesis Doctoral Granada: sin editar. Defendida en el Dpto. Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada. 1974

BUENO, S. y ÁLVAREZ DE DIEGO, J. *Estudio de caracterización, Tecnología de materias primas cerámicas*. Jaén: Ed. Consejería de Innovación Ciencia y empresa de la Junta de Andalucía. 2008

CULTRONE, G. *Estudio mineralógico-petrográfico y físico-mecánico de ladrillos macizos para su aplicación en intervenciones del patrimonio histórico*. Tesis Doctoral. Granada: Universidad de Granada. 2001.

GARCÍA RAMOS, G.; GONZÁLEZ GARCÍA, F. y PÉREZ RODRÍGUEZ, J. L. "Arcillas cerámicas de Andalucía, IX". *Boletín de la Sociedad Española de la Cerámica*. 1971, vol. 10, núm 5, págs. 545-572.

GARZÓN, E. et al. "Aplicación de sistemas de Información Geográfica (SIG) en la prospección y caracterización de materias primas de interés en Cerámica y Vidrio". *Boletín Cerámica y Vidrio*, Ed. Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. 2009, vol. 48 num. 1, págs. 39-44.

GARZÓN CARDENETE, J. L. *Cerámica de Fajalauza*. Granada: Ed. Albaida, 2004.

GONZÁLEZ GARCÍA, S., "Análisis mineralógico de arcillas en suelos andaluces". *Anales de Edafología y Agrobiología*. 1960, vol. 19, núm. 4.

IGME. *Arcillas (Estudio económico y tecnológico para explotación y aprovechamiento de las rocas industriales)*. Madrid: Ed. IGME. 1980.

IGME. *Programa Nacional de investigación de Arcillas*. Madrid: Ed. IGME. 1980.

MORALES GÜETO, J. *Tecnología de los materiales cerámicos*. Madrid: Ed. Díaz Santos y Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid. 2005.

PEÑA, J. *Geoquímica de formaciones arcillosas: estudio de la Arcilla Española de Referencia*. Madrid: Ed. Enresa, Publicación Técnica. 2003.

SEBASTIÁN PARDO, E. (coord.). "Técnicas de diagnóstico aplicadas a la conservación de los materiales de construcción en los edificios históricos". *Cuadernos Técnicos*. Ed. Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, IAPH. 1996, núm. 2.