



Caracterización cerámica de los sedimentos de la Albufera de Valencia

M. VICENTE, M. LLUSAR, G. MONRÓS

Unidad de Química Inorgánica Medioambiental y Materiales Cerámicos, Dpto. de Química Inorgánica y Orgánica, Universitat Jaume I, Castellón.

El lago de la Albufera es Parque Natural por decreto de 8 de Julio de 1989 de la Generalitat Valenciana y está desde el 8 de Mayo de 1990 en el listado de Zonas Húmedas de importancia internacional de la Conferencia de Ramsar. Los estudios de batimetría del lago indican que el lago continúa su proceso lento de colmatación. Si el proceso de colmatación y contaminación persevera o se inducen severas contaminaciones locales por vertidos, es posible que lamentablemente, para preservar la identidad del sistema, sea necesario dragar el lago de forma selectiva y cuidadosa siendo necesario dar un fin último a los fangos obtenidos. En este estudio se analizan las características de los sedimentos de la Albufera de Valencia desde el punto de vista cerámico, con el fin de conocer las posibles utilidades de los mismos para la producción de algún tipo de cerámica o como componentes de adición a pastas cerámicas de la industria azulejera valenciana.

Palabras clave: Albufera de Valencia, reciclado, sedimentos, pasta cerámica

Ceramic characterization of Albufera de Valencia sediments

The Albufera is recognised as Natural Park by Generalitat Valenciana decree of 8th July 1989 and is listed on the wet areas of international importance of the Ramsar Conference since 8th May 1990. Batimetry studies show the gradual full up of the lake. If the stuffing and pollution process persist, lamentably, in order to preserve the lake identity it will be necessary to extract the sediments which must be environmental adequately managed. In this study the ceramic characteristics of the Albufera of Valencia sediments have been analysed in order to know the possibility of their use as ceramic raw material or as additive to ceramic stoneware of the valencian tile industry.

Keywords: Albufera of Valencia, recycling, sediment, ceramic stoneware.

1. INTRODUCCION: EL LAGO DE LA ALBUFERA DE VALENCIA Y PASTAS CERAMICAS.

El lago de la Albufera es Parque Natural por decreto de 8 de Julio de 1989 de la Generalitat Valenciana y está desde el 8 de Mayo de 1990 en el listado de Zonas Húmedas de importancia internacional de la Conferencia de Ramsar, es Zona de Protección Especial para las Aves de la Unión Europea (ZEPA) de acuerdo con la Directiva Europea 94/24/CE de 8 junio de 1994 y cuenta con numerosos hábitats incluidos en la Directiva de Habitats de la Unión europea 92/5510/CE.

La barra de la Devesa constituye el cordón litoral que separa el lago del mar, generada por los aportes de las corrientes marinas desde el norte, cerrando el golfo primigenio en el siglo XVIII. A partir de entonces se sigue un proceso de aterramiento natural hasta alcanzar la actual configuración con sólo tres salidas al mar (goles) y sólo una de ellas natural (Gola del Perelló). La historia de la albufera es la de un proceso de sedimentación-aterramiento en el tiempo, controlado y conservado por la inestimable acción de los arrozales que fueron adentrándose por aterramiento artificial en el lago. Estos aterramientos cesaron al pasar el lago al patrimonio del estado en 1873, sin embargo, los sedimentos de las últimas épocas presentan características desconocidas tanto en su grado de contaminación así como en sus posibilidades de uso

si fuera necesario eliminarlos de forma cuidadosa y selectiva en posibles tratamientos de descontaminación futuros (1,2). En la Figura 1 se presenta el mapa de batimetría del lago desarrollado por Isaac Quintanilla de la E.T.S.I Geodésica, Cartográfica y Topográfica de la Universidad Politécnica de Valencia en Noviembre de 1998, que indica que el lago continúa su lento proceso de colmatación con profundidades medias de 1,25 metros en las curvas maestras (marcadas en negro en el mapa entre las curvas de nivel). Aparecen profundidades máximas de 2 m aunque a causa de dragados localmente alcance los 3 m. Asimismo, los estudios de contaminación acumulada en los sedimentos indican la presencia de metales pesados de procedencia industrial y agrícola (presencia de Zn, Hg, As, Ni aunque es el Cr el que presenta valores elevados localmente) (1). Si el proceso de colmatación y contaminación persevera, es posible que, lamentablemente, para preservar la identidad del sistema, sea necesario dragar el lago y dar un fin último a los fangos obtenidos.

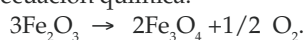
Entre las diferentes posibilidades de reutilización de los fangos dragados, se barajan la adición a la mezcla arcilla-caliza en la preparación del clinker de cemento tipo portland, la utilización como áridos de relleno en obras públicas y la

utilización directa o la adición mesurada a pastas cerámicas de pavimento y revestimiento cerámico o de ladrillo cerámico (2). De hecho, tradicionalmente los sedimentos de la albufera fueron utilizados por la población de sus alrededores en los adobes de las construcciones huertanas valencianas (barracas) así como, posteriormente, en la conformación de ladrillos cerámicos.

En la Tabla I se presentan las características de las pastas cerámicas utilizadas en el distrito cerámico de Castellón mediante la tecnología basada en atomización-prensado-cocción en horno de rodillos. La tradicional pasta roja valenciana está sufriendo una paulatina transformación a tonalidades blancas (pasta blanca y porcelánico) que se manejan con la misma tecnología, requieren temperaturas más altas y ciclos de cocción más largos así como una cuidada formulación de la pasta y una cuidada conformación granulométrica dado que su intervalo de gresificación es menos amplio y flexible que el de la illítica pasta roja frente a las pastas blancas y porcelánicas (caoliniticas o montmorilloníticas) (3,4,5). Esta sustitución industrial no tiene fundamentos técnicos validables y desde el punto de vista ambiental es contraproducente, sin embargo, las condiciones de mercado actúan a favor de las pastas de cocción blanca en detrimento de la roja, que ve mermada de forma paulatina su rentabilidad económica sin que se desarrollen mecanismos que frenen esta sustitución (3,6).

La matriz cerámica más idónea para admitir sedimentos de la albufera, más aún cuando los fangos presenten contaminación por metales pesados como Cr o Cu que inducirán su aspecto coloreado, es la pasta roja, que debe su nombre a la presencia de óxidos de hierro en una proporción entre 4 al 9%. La química de este hierro, inicialmente en forma de limonita depositada sobre la partícula arcillosa o bien sustituido en el retículo de las arcillas, es la principal diferencia con la pasta blanca. Esta presencia del hierro, junto con algo de anatasa (0,2 al 1%), comportaría tres comportamientos específicos de la pasta roja (7,8):

(i) la descomposición térmica de la hematita a partir de 1100°C según la ecuación química:



La eliminación del oxígeno puede producir pinchado en la pasta esmaltada y una cierta porosidad en el bizcocho. La densificación por debajo de absorciones de agua del orden del 3% se hace muy complicada por el desprendimiento de este oxígeno, además el gas aumentará la porosidad cerrada con deformación expansiva de la pieza antes de que se elimine la porosidad abierta.

(ii) en presencia de materia orgánica, se produce la reducción de la magnetita por el C y el CO generados en su combustión, adquiriendo la pasta cocida un aspecto negro metálico (corazón negro).

(iii) la coloración roja-gris-amarillenta de la pasta, que cambia de tono en función de la cantidad y química del hierro y titanio presentes en la pasta, así como de la materia orgánica. Las pastas blancas no pueden superar valores totales de óxido de hierro y titanio por encima de 1,2% si no se quieren tonos gris-amarillentos indeseados. Esto es difícil de conseguir con arcillas blancas nacionales que tienen contenidos en hierro en torno a 2% frente a las de importación, con contenidos en torno a la mitad, aunque de titanio presenten valores similares (alrededor de 1%).

En España, en el entorno de 100 Km alrededor del centro productor de pavimentos y revestimientos cerámicos de Cas-

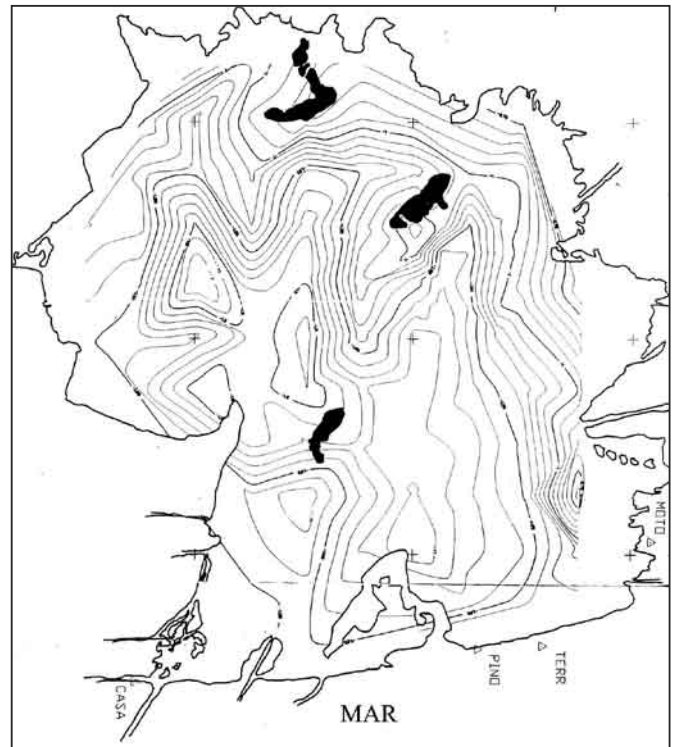


Figura 1. Batimetría del lago desarrollado por la E.T.S.I Geodésica, Cartográfica y Topográfica de la Universidad Politécnica de Valencia en Noviembre de 1998.

TABLA I. PARÁMETROS APROXIMADOS PARA LAS DIFERENTES PASTAS DE PAVIMENTO Y REVESTIMIENTO CERÁMICO.

PASTA	T(°C)	ciclo (min)	consumo (kcal/kg)	ptas(1998)/kg	A.A. (%)	C.L. (%)
MONOPOROSA						
roja	1080	40	500	1000-1500	7-11	0,5-1
blanca	1110	50	550	1000-1500	6-9	1-2
GRES						
roja	1140	40	600	1000-1500	3-6	4-6
blanca	1170	50	650	4500-5000	3-4	5-7
porcelánico	1200	60-90	675	10.000-12000	<0,5	7-8

tellón se dispone de una gran variedad y calidad de arcillas rojas illítico-caolínicas. Las principales familias de arcillas industriales del entorno se pueden clasificar en función de su contenido en carbonatos (9,10):

(i) Carbonatadas (<10% en carbonatos). Las arcillas de Si-char, Mas Vell, Araya, Bugarra son de este tipo. Los carbonatos dan porosidad, elevan el coeficiente de dilatación y aseguran las dimensiones de la pieza cocida.

(ii) Semicarbonatadas (entre 5 y 10% en carbonatos). Les Useres, Chulilla, Mora.

(iii) Descarbonatadas (<5% en carbonatos). Moró, Galve, Villar.

Las composiciones habituales de la pasta "monoporosa española" para revestimiento cerámico se formulan con un 40-60% de las descarbonatadas, un 30-40% de las calcáreas y un 0-10% de arena. Si se introducen las semicarbonatadas se mezclan con un 50% de las carbonatadas.

En definitiva, dada la carbonatación limnológica de los sedimentos en la litografía de la cuenca afluyente a la Albufera, los sedimentos de la albufera valenciana podrían reutilizarse como aditivos substitutivos de las arcillas carbonatadas en la formulación de pastas para monoporosa española.

2. OBJETIVOS.

Dado el lento pero progresivo aterramiento del lago de la Albufera de Valencia así como la aparición de determinados focos de contaminación inorgánica que pueden poner en peligro la viabilidad del lago tal y como lo conocemos en la actualidad, es posible que en un futuro surja la necesidad de actuar sobre los sedimentos del lago para prevenir su aterramiento o corregir su contaminación.

El objetivo del presente estudio es, llegado el caso, conocer las características de los sedimentos de la Albufera de Valencia desde el punto de vista cerámico con el fin de analizar la posible utilización de los mismos en la producción, directa o como aditivo, de pastas cerámicas de las industrias azulejera o ladrillera.

3. EXPERIMENTAL.

Se han estudiado 23 muestras correspondientes a la extracción de la capa superficial de los sedimentos lacustres de 1 m de profundidad, en los puntos de análisis batimétrico. Con el fin de eliminar las posibles estratificaciones en este espesor de sedimento y considerando, que de poder ser utilizados, los materiales lo serían bajo condiciones de extracción que no permitirían la diferenciación en estratos más estrechos que los contemplados en el presente estudio, se procedió a la homogeneización del material por mezclado manual. En el material homogeneizado se hizo un muestreo tomando porciones a diferentes alturas del material con el fin de evitar posibles desagregaciones que pudieran falsear el estudio en promedio de la muestra recibida.

La muestra así obtenida, fue secada al aire y se tamizó en tamiz de acero normalizado según norma UNE 7005 de 125 μm . La pasta tamizada se caracterizó desde las siguientes perspectivas:

(I) PLASTICIDAD DE LOS FANGOS.

La plasticidad o propiedad de una pasta de modificar su forma por efecto de un esfuerzo externo sin romperse y manteniéndola al finalizar el esfuerzo es la propiedad básica y necesaria para la utilidad cerámica de la pasta en el procesado cerámico. Es por esta razón que la plasticidad se ha aplicado con un criterio selectivo, de forma que no se han caracterizado aquellas pastas que no dieran un nivel de plasticidad suficiente por análisis de textura de los fangos de acuerdo con el "TEST DE ALFARERO" que se basa en la capacidad de conformar cilindros de 3 mm de diámetro y de la norma de medida del límite plástico de Attemberg utilizado ampliamente para caracterizar de forma cualitativa la textura de suelos (11).

Las pastas que superaron la prueba del test de alfarero, se caracterizaron por medida de los Límites de Attemberg (límite plástico LP y límite líquido LL) cuya diferencia es el índice de plasticidad IP:

$$IP = LL - LP \quad (\text{ec. 1})$$

(I.1) Límite líquido (LL)

El límite líquido de Attemberg se obtuvo mediante la NORMA UNE 7-377-76, en la que se mide el grado de humedad del material que permite la fluencia de los lados de un surco, de forma que se deslicen juntándose en el fondo por lo menos 1 cm, bajo el efecto de 25 golpes en la cuchara de Casagrande

con altura de 10 mm y con un espesor máximo de la pasta en el centro de 9 mm.

Este límite viene a estimar la humedad necesaria en la pasta considerada para pasar de un comportamiento de líquido o barbotina a adquirir consistencia plástica y, por tanto, con garantías de conformabilidad a partir de esta humedad.

(I.2) Límite plástico (LP)

El límite plástico de Attemberg se obtuvo mediante la NORMA UNE 7-378-75, en la que se mide el grado de humedad de la pasta justo cuando permite conformar cilindros de 3 mm de diámetro sobre placa de escayola.

El límite plástico indica la cantidad de agua a partir de la cual el material deja de comportarse como un sólido no trabajable y pasa a ser una pasta estrictamente manejable.

Obviamente el intervalo de humedades en los que la pasta puede ser trabajada adecuadamente desde un punto de vista cerámico, viene dado por la diferencia de ambos límites de Attemberg denominado Intervalo de Plasticidad o Índice de Plasticidad.

(II) CONTENIDO EN CARBONATOS

La cantidad de carbonatos es un parámetro de gran importancia en el procesado de materiales cerámicos como se desprende de la presentación desarrollada en la introducción.

Se han medido los carbonatos mediante dos métodos alternativos:

(i) Calcímetro de Bernard.

La calcimetría se ha realizado siguiendo los "Métodos Oficiales de Análisis: suelos y aguas" (12).

(ii) Método termogravimétrico.

Se ha realizado la caracterización en una termobalanza Mettler con velocidad de calentamiento de 20°C/min desde temperatura ambiente hasta 1200. La cantidad de carbonatos corresponde a la pérdida de masa entre 800 y 950°C que se asocia con una banda endotérmica en el análisis calorimétrico ATD.

(III) COMPORTAMIENTO EN LA COCCION: DIAGRAMA DE GRESIFICACION.

Los materiales cerámicos lo son en cuanto permiten obtener productos cocidos con ciertas garantías. Además de una buena conformabilidad medida por la plasticidad del material, es necesario que el material se comporte en la cocción de forma estable y sinterice adecuadamente para que el cuerpo cerámico adquiera cuerpo y resistencia.

Para analizar el comportamiento de los fangos de sedimentos homogeneizados en la cocción se ha obtenido para cada una de las pastas seleccionadas el correspondiente diagrama de gresificación para lo que se procedió mediante el método estándar que se describe a continuación (13,14).

(a) se conformaron pastillas con un gramo de material de un grado de humedad del 2,5% por término medio. Para ello se utilizó una prensa uniaxial y presión de 22 MPa. Las pastillas se conformaron sin defectos aparentes ni laminaciones. La expansión postprensado de los materiales fue muy parecida, en torno al 3,8%.

(b) se midió el diámetro de la pastilla en verde L_{inicial}

(c) las pastillas se calcinaron en horno de gradientes a temperaturas de 950 hasta 1175°C en intervalos de 25°C manteniendo la temperatura 1 h y con ciclo de calentamiento de 10°C/min. A 1200°C las muestras desarrollaron fase vítrea ostensible pegándose al soporte e imposibilitando la valoración a esta temperatura a la que el material pierde claramente la conformación en cocido.

(d) a las pastillas cocidas se les midió el diámetro final L_{final} y la absorción de agua con el fin de evaluar a cada temperatura la contracción lineal (CL) y la absorción de agua (AA).

(III.1) Contracción lineal (CL).

La contracción lineal a cada temperatura ensayada se mide mediante la ecuación 2.

$$CL(\%) = \frac{L_{inicial} - L_{final}}{L_{final}} 100 \quad (ec.2)$$

(III.2) Absorción de agua.

La absorción en agua se realiza por medida de la diferencia entre el peso de la pastilla mantenida en agua en ebullición durante 2 h y secada superficialmente (P_{final}) y el peso de la pastilla recién cocida ($P_{inicial}$). La absorción en agua viene dada por la ecuación 3.

$$AA(\%) = \frac{P_{final} - P_{inicial}}{P_{inicial}} 100 \quad (ec. 3)$$

Los valores de CL y AA se representan en doble ordenada frente a la temperatura en abscisas. En líneas generales y como en la introducción se ha indicado, las características en la cocción de pastas podrían ser resumidas muy a grandes rasgos como se hace en la Tabla I. Esta tabla se utiliza como criterio de clasificación de las posibles aplicaciones de los materiales ensayados, siempre y cuando el intervalo de cocción sea suficiente estable térmicamente.

3. RESULTADOS.

En la Tabla II se presentan los resultados del Test de Alfarero realizados a las muestras. Asimismo en las Tablas III, IV se presentan los resultados de la plasticidad y la calcimetría.

En las Figuras 2 se presentan las curvas de los análisis calorimétricos ATD-TG y en la Figura 3 los diagramas de gresificación de los materiales seleccionados.

TABLA II. TEST DEL ALFARERO

Muestra	Tipo de suelo	Resultado del test
1B	Franco-arcilloso	Pasa el test
1C	Arcilloso	Pasa el test
2A	Arcilloso	Pasa el test
2B	Franco-arcilloso	Pasa el test
2C	Arcilloso	Pasa el test
3A	Franco-limoso	No pasa el test
3B	Arcilloso	Pasa el test
3C	Arcilloso	Pasa el test
3D	Arcilloso	Pasa el test
3E	Franco-arcilloso	Pasa el test
3F	Franco-limoso	No pasa el test
4A	Arcilloso	Pasa el test
4B	Arcilloso	Pasa el test
4C	Franco-limoso	No pasa el test
4D	Arcilloso	Pasa el test
4E	Franco-Arcilloso	Pasa el test
5A	Franco	No pasa el test
5B	Franco	No pasa el test
5C	Franco-arcilloso	Pasa el test
5D	Franco-arcilloso	Pasa el test
5E	Franco	No pasa el test
6C	Franco	No pasa el test
6E	Arcilloso	Pasa el test

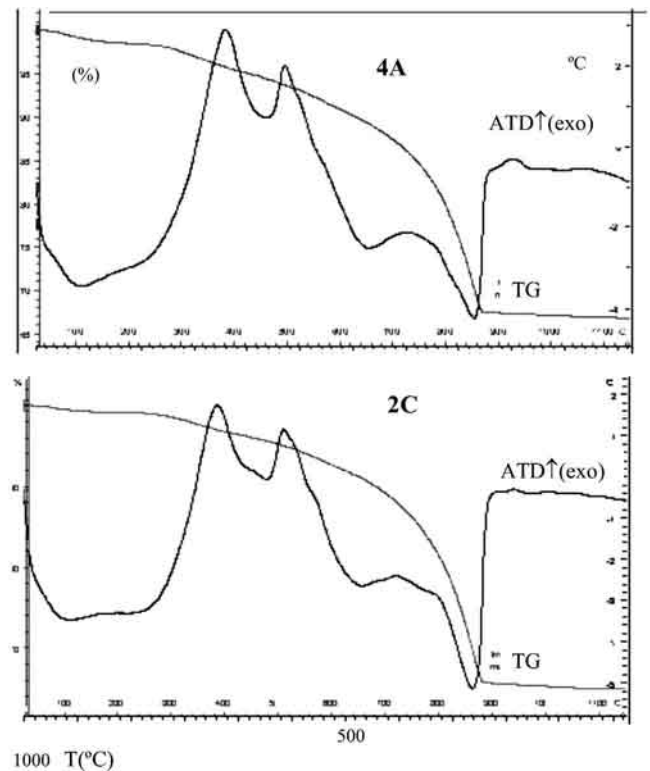


Figura 2. Análisis ATD-TG de las muestras 4A y 2C.

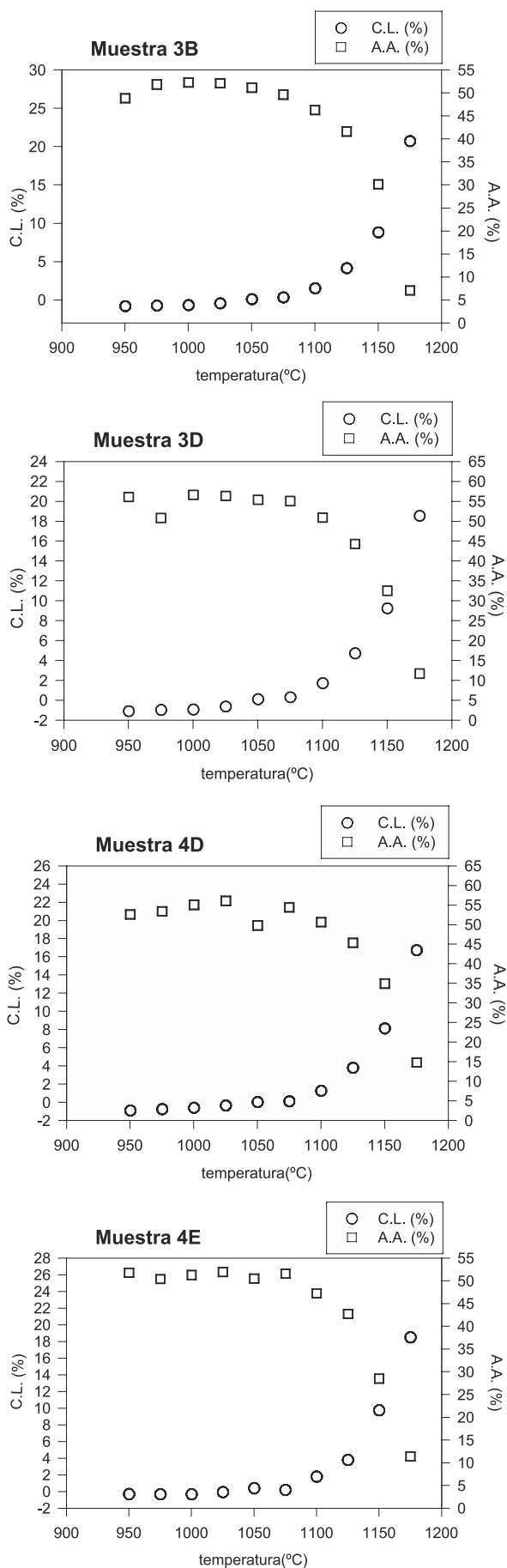
TABLA III. DETERMINACIÓN DE CARBONATOS

Muestra	% de $CaCO_3$
1B	54,5
1C	56,0
2A	55,1
2B	52,1
2C	61,2
3B	45,4
3C	50,0
3D	49,9
3E	53,3
4A	52,8
4B	52,0
4D	48,6
4E	46,5
5C	54,1
5D	46,4
6E	54,7

TABLA IV. INDICE DE PLASTICIDAD, LL Y LP

Muestra	L.Líquido	L.Plástico	I.P.
1B	58,284	39,131	19,153
1C	49,667	36,615	13,052
2A	55,015	42,769	12,246
2B	58,264	41,833	16,431
2C	52,195	42,645	9,550
3B	57,844	35,159	22,685
3C	52,852	31,000	21,852
3D	60,746	41,559	19,187
3E	60,261	34,820	25,441
4A	70,461	36,610	33,851
4B	63,150	35,041	28,109
4D	50,041	29,477	20,564
4E	56,723	31,763	24,960
5C	51,225	38,985	12,240
5D	58,219	30,733	27,486
6E	63,682	42,225	21,457

Figura 3. Diagramas de gresificación.



4. DISCUSION.

A partir del ensayo del test del alfarero de las 23 muestras, se seleccionaron 16 cuya textura fue catalogada de franco-arcilloso (6 muestras) o arcilloso (11), el resto se descartó por presentar texturas muy bajas en arcillas (franco y franco-limoso).

Las humedades a partir de las que los materiales entran dentro del comportamiento plástico, medidas por el primer límite de Atterberg (LP), indican un nivel entre 30 y 40 % en todas las muestras salvo en las 2A, 2B, 2C, 3D y 6E que superan el 40%.

Por otra parte los valores del segundo límite de Atterberg en el que los materiales ya pierden su plasticidad (LL) para comportarse como barbotina está entre 50 y 60%, superando este valor las muestras 3D, 3E, 4A, 4B y 6E.

El intervalo de plasticidad medido por el IP de la Tabla III indica intervalos muy anchos o cortos, los valores aseguibles en un diagrama de Casagrande estarían en torno a los 20-25, por lo tanto, presentan un comportamiento aceptable las muestras 3B, 3C, 4D, 4E y 6E, las muestras 1B y 3D quedan muy cerca de este intervalo con valores por encima de 19.

Los valores de las calcimetrías son extremadamente altos y quedan confirmados por los análisis TG. Las muestras 3B, 4E y 5D son las que presentan índices de carbonatos más bajos, las demás sobrepasan el 50% en formas carbonatadas.

Los resultados de los análisis termogravimétricos (Figura 2) presentan unos rasgos similares en todas las muestras. Se detecta en todas las muestras una doble banda endotérmica con centro en 100°C y hombro en 200°C asignables a la pérdida de agua de humedad y reticular respectivamente, aparecen dos bandas exotérmicas intensas centradas a 375 y 520°C asociadas a la combustión de la materia orgánica, por último, aparecen las bandas de descomposición de carbonatos: una banda endotérmica de intensidad variable centrada a 650°C así como la descomposición de la calcita a 850°C.

A partir de los datos de CL y AA reflejados en los datos obtenidos para confeccionar los diagramas de gresificación, se observa que, en general, es difícil obtener bajas absorciones de agua dada la alta porosidad que la carga de carbonatos introduce en el material. Desde este punto de vista, se han seleccionado en función de su plausible utilización en pastas cerámicas en cantidades limitadas, con el fin de que no provoquen problemas sobre las pastas cerámicas base, las siguientes, en orden de interés:

(I) MUESTRA 3B

Es la muestra menos carbonatada con índice de plasticidad también adecuado (22,7) y la que presenta un diagrama de sinterización más fiable. En efecto, en la Figura 2 se observa que sobre la temperatura de cocción de gres cerámico (1130-1170°C), la muestra puede presentar AA en torno a 6% y CL del orden de 2,5% que la harían apta para cocción cerámica en primera instancia.

(II) MUESTRA 4E.

Es de las segundas menos carbonatadas y presenta en la zona de cocción cerámica de acuerdo con la Tabla I dificultades para ser cocida, pero podrían resolverse con adiciones simples de arcillas no carbonatadas tipo Moró, Galve o Villar (un 10% tal vez sería suficiente). Los valores en la zona de cocción son de 12% en AA y un 3,5% en CL.

(III) MUESTRAS 3D y 4D.

Aún cuando la calcimetría de estas muestras es muy alta, sin embargo, sus diagramas de cocción son relativamente aceptables, presentan en la zona de cocción de gres entre 12-15% de AA y CL entre 2,5 y 4% .

5. CONCLUSIONES.

Se han analizado desde el punto de vista de aplicabilidad cerámica muestras de sedimentos de la Albufera de Valencia extraídas de 1 m de espesor en el fondo del lago que posteriormente fueron homogeneizadas, secadas al aire y tamizadas en tamiz normalizado de 125 μm de luz

Los resultados indican una alta concentración de carbonatos que confiere al cuerpo cerámico una alta porosidad, dificultando el proceso de sinterización de los materiales prensados mediante el procesado uniaxial clásico. Sólo la muestra 3B tendría alguna posibilidad de ser procesada sin riesgos graves aunque se aconsejaría su modificación con arcillas comerciales. Asimismo las muestras 4E, 3D y 4D presentan un diagrama de gresificación que podría permitir su utilización como pasta cerámica debidamente modificada con arcillas conocidas y con un control riguroso de su procesado.

Para el resto de muestras de sedimento analizados, sólo cabría la posibilidad de ser añadidas a pastas comerciales como fuentes arcillosas muy carbonatadas en cantidades limitadas y muy controladas. La inertización de estos sedimentos como aditivos en pastas cerámicas de pavimento y revestimiento cerámico, sólo sería viable en el caso de pastas de cocción roja de "monoporosa española" para revestimiento cerámico y en cantidades limitadas. La utilización en ladrilleras, permitiría ampliar tanto las localizaciones de sedimentos aceptables así como los porcentajes de adición segura y fiable en la pasta.

Agradecimientos: los autores agradecen a los profesores Eduardo Peris e Isaac Quintanilla de la Universidad Politécnica de Valencia su colaboración y disposición de muestras.

BIBLIOGRAFIA

1. E. Vicente, M.R. Miracle, The Coastal Lagoon Albufera of Valencia: an Ecosystem under Stress. *Limnética*, 8, 87-100(1992).
2. E. Peris, Necesidad de depuración de los fangos lacustres: el caso de la Albufera de Valencia, en *El medio Ambiente de la Comunidad Valenciana*, Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Territorio, Valencia, España, pp. 244-247 (1987).
3. Informe ASCER (Asociación Española de Industrias Cerámicas), Castellón (2001).
4. C. Viola, B. Tabakovic, Porcellanato o Porcellana?, en *Gres Porecellanato*, editor G. Biffi, Faenza Editrice, Faenza (1987).
5. C. Viola, B. Tabakovic, La Cottura del Gres Porcellanatto, en *Gres Porecellanato*, editor G. Biffi, Faenza Editrice, Faenza (1986).
6. G. Monrós, M. Llusar, M. A. Tena, J. Calbo. "Análisis de los parámetros medioambientales de pastas para baldosas cerámicas de cocción roja o blanca", *Cerámica Información*, 253, 42-66 (1999).
7. E. Gippini, *Pastas Cerámicas*, Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, Madrid, (1979).
8. M. Campos, Los procesos de formación de arcillas y su importancia en la utilización industrial, *Bol. Soc. Esp. Ceram. y Vidr.*, 20, 89-92(1981).
9. A. Escardino, M.C. Gastaldo, J.L. Amorós, Arcillas cerámicas del país valenciano. Estudio de algunas arcillas del Maestrazgo, *Bol. Soc. Esp. Ceram. y Vidr.*, 19,341-345(1980).
10. V. Bagán, Características técnicas de las arcillas rojas utilizadas para la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos, 1º Encuentro de la Industria de Pavimentos y revestimientos Cerámicos y la Minería de Arcillas y Caolines de la Comunidad Valenciana, ed. Conselleria de Industria, Comerç i Turisme, Valencia (1988).
11. P. Duchafour, *Manual de Edafología*, Ed. Toray-Masson S.A., Barcelona, España, (1975).
12. *Métodos Oficiales de Análisis: suelos y aguas*, Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, (1982).
13. *Società Cerámica Italiana, Reologia Cerámica Applicata*, Faenza Editrice, Faenza, (1990).
14. Viviano Venturi, *Tecnologia Ceramica: le Piastrelle*, 2ª ed., Faenza Editrice, Faenza, (1992).

Recibido: 30.01.02

Aceptado: 25.01.02

