

# Mineralogía y Propiedades Tecnológicas de Arcillas de Uso Industrial en la Región Metropolitana de Chile

SERGI MESEGUER (1,\*), MIGUEL MANUEL JORDAN (2) TEOFILIO SANFELIU (1), IRMA GONZÁLEZ (3), MARIELA QUIROZ (3)

(1) Unidad de Mineralogía Aplicada, Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Universidad Jaume I, Campus de Riu Sec s/n. 12080 Castellón. Spain (e-mail: smesegue@sg.uji.es).

(2) Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente, Universidad Miguel Hernández, Elche. Avda. de la Universidad s/n. 03202 Elche (Alicante). Spain.

(3) Departamento de Industria, Universidad Tecnológica Metropolitana. Santiago de Chile, Chile.

## INTRODUCCIÓN.

Chile es mundialmente conocido como un país minero, no tan solo por sus minerales metálicos, si no también por ser un importante productor de Rocas y Minerales Industriales. Existen explotaciones de arcillas que dan origen a una actividad cerámica artesanal e industrial (ladrillería, baldosas cerámicas). El presente trabajo es una aportación al conocimiento de arcillas cerámicas de la Región Metropolitana de Chile. El objetivo es proporcionar información para el aprovechamiento rentable de estos recursos, de acuerdo tanto a sus características y propiedades tecnológicas, como a la eventual demanda del mercado nacional.

Se han estudiado tres afloramientos de arcillas cerámicas en la Región Metropolitana. El primero de ellos corresponde al yacimiento "Etchevers" situado próximo a la comuna de Quilicura (serie M1). Se trata de un afloramiento que se localiza al norte del río Mapocho 33°22' Sur, caracterizado por una secuencia sedimentaria Cenozoica, que rellena la cuenca Cuaternaria (Q) de Santiago compuesta de una alternancia de arcillas, limos arcillosos, arenas y cenizas volcánicas, que alcanzan en algunos sectores un espesor total de 400 m. Los mantos de arcillas explotados fluctúan entre 0,8 m a 1,5 m. La composición química de estas arcillas destaca por contener: 50-60 de sílice, 15-17% de alúmina  $Al_2O_3$  y 6-7% de óxidos férricos.

El segundo corresponde al yacimiento de Montenegro (serie M2). Formado por depósitos estratiformes y/o irregulares integrados por hasta tres 'mantos' de arcilla que alcanzan un espesor total de entre 5 y 26 m, contenidos en la

Formación Las Chilcas. Han sido generados en procesos de laterización de rocas volcánicas de esta formación. La composición de estas arcillas, que presentan una relación favorable sílice/alúmina, ha permitido su utilización en la fabricación de cemento, de refractarios y de sulfato de alúmina, realizada por industrias establecidas en la Región Metropolitana.

El tercero pertenece a un afloramiento situado en Pomaire (Melipilla) (serie M3), con coordenadas 33°39'42.50"S de latitud y longitud 71°7'45.24"O. En él se explotan materiales de origen coluvial, que descansan sobre un substrato aluvial de arcillas y gravas de 150 cm de potencia aproximadamente.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

De cada uno de los afloramientos estudiados se recolectaron un total de 20 muestras siguiendo los criterios establecidos en Sanfeliu (1991). Se presentan los resultados de una muestra representativa de las series 1 y 2 y dos muestras de la serie 3. El análisis químico de elementos mayoritarios se efectuó mediante Fluorescencia de Rayos X (FRX), método "perla de borax", y la pérdida por calcinación (LOI) se llevó a cabo calcinando las muestras a 1075 °C durante 1 hora y 35 minutos. El análisis mineralógico de las muestras se realizó por Difracción de Rayos X (DRX) tanto en polvo total, como mediante agregados orientados: normal, calentado (2h a 550°C), y solvatado con etilenglicol. Los difractogramas han sido interpretados con la ayuda de la aplicación informática EVA de la firma Socabim y las fichas JCPDS, hasta identificar los minerales presentes en cada una de las muestras.

Previo a la evaluación de las propiedades tecnológicas, las muestras arcillosas fueron secadas en estufa a una temperatura aproximada de 80 °C durante un tiempo no inferior a 24 horas. Posteriormente, las muestras fueron tratadas en un molino de rotor de impacto de palas. A continuación, fueron sometidas a molturación en molino de bolas planetario con el objetivo de homogeneizar la muestra y reducir su tamaño hasta un rechazo aproximado al 4% en tamiz de luz de malla de 63µm. A fin de poder valorar las aptitudes cerámicas de las arcillas se determinaron las siguientes propiedades tecnológicas: plasticidad (Método Pfeferkorn), comportamiento del secado (barelatografía), absorción de agua (%), contracción lineal (%) y densidad aparente (Jordán et al., 1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las muestras analizadas de los tres afloramientos estudiados poseen un elevado contenido en sílice cuyos valores oscilan entre 58% y 63%. (Meseguer et al., 2008). El contenido en alúmina supera en todas las muestras el 16%. El contenido en CaO no supera en ninguna de las muestras el 5%, lo cual es significativo ya que permite el uso de estos materiales en la fabricación de gres y semigres (Jordán et al., 2001). El contenido en  $Fe_2O_3$  es bastante elevado, principalmente en las arcillas procedentes de Pomaire que superan el 8%.

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos del análisis mineralógico. Los minerales predominantes son cuarzo, albita, caolinita y clorita. Las series M1 y M2 podrían clasificarse como arcillas illítico-caolínicas, mientras que las muestras procedentes de Pomaire (serie 3) tienen un carácter más caolínico. No

**palabras clave:** industria cerámica, arcillas, materia prima, Región Metropolitana, Chile.

**key words:** Ceramic Industry, clays minerals, raw materials, Metropolitan Region, Chile.

obstante, la clorita está presente en todas las muestras analizadas.

%	M-1	M-2	M-3	M-3S
SiO <sub>2</sub>	60,70	60,10	57,50	58,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,70	21,50	19,90	19,50
Na <sub>2</sub> O	3,29	0,84	2,25	2,33
K <sub>2</sub> O	1,96	3,11	0,36	0,36
CaO	4,05	2,19	3,66	3,61
MgO	2,07	1,38	1,74	1,66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,15	5,96	8,49	8,22
TiO <sub>2</sub>	0,87	0,92	1,15	1,13
MnO	0,17	0,04	0,11	0,11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,17	0,27	0,12	0,12
L.O.I.	3,61	5,08	6,06	6,05
<b>TOTAL</b>	<b>100,75</b>	<b>101,39</b>	<b>101,34</b>	<b>101,19</b>

Tabla 1- Resultados de los análisis químicos obtenidos mediante fluorescencia de R-X y la calcinación de las muestras.

Los valores correspondientes al índice de plasticidad P<sub>f</sub>erferkorn son similares para todas las muestras analizadas oscilando entre 3 y 4.

En la Tabla 3 se muestran los valores de contracción lineal y absorción de agua para 8 muestras de cada uno de los afloramientos estudiados cocidas a diferentes temperaturas. La temperatura máxima de maduración se indica en la primera columna de la citada tabla.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de barelatografía (Fig. 1-3). La importancia de la barelatografía radica en el conocimiento del comportamiento de la

arcilla en el secado. Todas las arcillas analizadas, al secarse, pierden agua y a la vez se van contrayendo. Inicialmente la contracción es muy grande para humedades grandes; al ir secándose, sin embargo se llega a una determinada humedad en la que la contracción disminuye e incluso llega a anularse o empieza a expansionarse hasta secarse por completo. En definitiva la curva de Bigot muestra la representación gráfica de la contracción de secado frente a la humedad, donde m<sub>0</sub> es la masa de la probeta seca y la l<sub>0</sub> es la longitud de la probeta seca.

T(°C)	M-1	CL	A.A.	M-2	CL	A.A.	M-3	CL	A.A.	M-3S	CL	A.A.
<b>1165</b>	1	11,63	0,18	1	8,70	0,84	1	5,64	10,17	1	6,20	10,98
<b>1125</b>	2	8,21	4,68	2	5,82	6,74	2	4,39	14,04	2	4,66	14,31
<b>1080</b>	3	2,40	14,67	3	2,96	11,65	3	3,62	15,24	3	3,79	16,27
<b>1030</b>	4	0,83	18,55	4	1,79	12,96	4	2,99	18,49	4	3,05	18,18
<b>980</b>	5	0,47	19,14	5	1,06	13,66	5	1,88	20,47	5	1,78	18,90
<b>930</b>	6	0,33	17,82	6	0,47	16,67	6	1,38	18,78	6	1,44	20,54
<b>880</b>	7	0,27	19,31	7	-0,03	15,40	7	1,17	21,38	7	1,27	21,83
<b>830</b>	8	0,07	20,00	8	-0,40	17,65	8	-	-	8	0,94	22,00

Tabla 3- Resultados de los análisis contracción lineal (CL) y absorción de agua (A.A.)

Muestra	Q	Ab	K	Cl	I/M	He	Ca	Tre	Se	Pa	An	Gru
M-1	++++	++	+	++	+	(+)	-	+	(+)	(+)	-	-
M-2	++++	+	++	+	+	+	(+)	-	-	(+)	-	-
M-3	++++	++	++	+	(+)	-	-	-	-	-	+	+
M-3S	++++	++	++	+	(+)	-	-	-	-	-	+	+

Tabla 2- Resultados de los análisis mineralógicos obtenidos mediante difracción de rayos X de las arcillas analizadas. ++++ muy abundante; +++ abundante; ++ moderado; + escaso; (+) reconocible; - ausente o no reconocible. Leyenda: Q = Cuarzo; Ab = Albita; K = Caolinita; Cl = Clorita; I/M = Illita-Moscovita; He = Hematina; Ca = Calcita; Tre = tremolita; Se = sepiolita; Pa = Paligorskita; An = Antofilita; Gru = Gunerita.

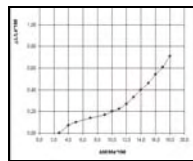


fig. 1. Barelatografía M-1.

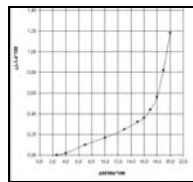


fig. 2. Barelatografía M-2.

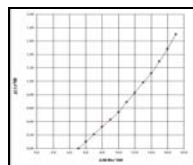


fig. 3. Barelatografía M-3.

Muestra	d <sub>ap</sub> (húmedo)	d <sub>ap</sub> (seco)
M-1	1,88	1,83
M-2	2,00	1,93
M-3	1,82	1,79
M-3 (S)	1,80	1,79

Tabla 4. Densidades aparentes de las muestras estudiadas.

**CONCLUSIONES.**

Las arcillas estudiadas por sus propiedades mineralógicas y tecnológicas son aptas para su uso en la fabricación de productos de cerámica tradicional: alfarería, ladrillería, cerámica estructural, gres y semigres (Jordán et al., 2003).

**REFERENCIAS.**

Jordán, M.M., Boix, A., Sanfeliu, T. y De la Fuente, C. (1999): Firing transformations of Cretaceous clays used in the manufacturing of ceramic tile bodies. *Applied Clay Science*, 14: 225-234.

Jordán, M.M., Sanfeliu, T. y De la Fuente, C. (2001): Firing transformations of Tertiary clays used in the manufacturing of ceramic tile bodies *Applied Clay Science*, 20: 87-95.

Jordán, M.M.; Almendro, M.B. y Rincón, J.M. (2003): Mineralogical composition and firing transformations of calcareous and non-calcareous ceramic raw materials. *Silicates Industriels*, 68: 49-52.

Meseguer, S.; Sanfeliu, T. y Jordán, M.M. (2008): Use of mine spoils from Teruel coal mining district (NE, Spain) *Environmental Geology*. In press.

Sanfeliu (1991): *Minerlogía de arcillas cerámicas terciarias de Castellón*. Diputación Provincial de Castellón. Colección Ciencias.