

Mineralogía aplicada de arcillas constitutivas de estériles en minas de carbón de la zona minera de Teruel

J. BASTIDA *, A. M. LÓPEZ BUENDÍA *, J. SERRANO *,
J. DE LA TORRE ** y M. SIGNES ***

** Dto. Geología. Universidad de Valencia.
Doctor Moliner, 50. 46100 Burjasot (Valencia)*

*** Dto. Ingeniería Química. Universidad de Valencia. Burjasot (Valencia)*

**** AIMPLAS (Asociación de Investigación de las Industrias del Plástico).
Parque Tecnológico. Paterna (Valencia)*

RESUMEN

Los carbones explotados en la zona minera de Teruel se localizan en la denominada Formación Escucha. En esta misma formación se localizan minerales y rocas industriales (arenas, arenas caoliníferas, arcillas, alumbres, ...) que si bien constituyen estériles de mina de carbón, pueden resultar de interés minero.

De entre todos estos materiales, este trabajo se centra en las arcillas, y, particularmente, en las características mineralógicas y su aplicabilidad cerámica, por comparación con arcillas de interés cerámico explotadas en dicha formación, en la zona nororiental de la provincia de Teruel.

El objeto de este trabajo es la caracterización mineralógica y cerámica de estas arcillas.

A tal efecto se utilizan datos de análisis mineralógico-petrográficos, químicos, granulométricos y de límites de Atterberg, lo que permite su asignación a tipos descritos en la literatura previa y su comparación con arcillas que son objeto de explotación como materias primas cerámicas en la misma formación, en la provincia de Teruel.

Palabras clave: Escombreras, carbón, Fm. Escucha, Teruel, arcillas cerámicas.

ABSTRACT

The coals of the district of Teruel (NE Spain) presents as mine wastes several industrial minerals and rocks (sands, kaolins, clays, Al-sulfates, ...) the mining of wich would be interesting.

The aim of this work is the mineralogical an ceramic characterisation of these clays. So mineralogical and petrographical data as well as technological data concerning granulometry, chemical analysis and Atterberg index have been used in order to compare these clays with those analized and typified in previous works and with those actually used as ceramic raw materials in the NE of Teruel.

Key-Words: Waste deposits, coal, Escucha Fm., Teruel, ceramic clays.

INTRODUCCIÓN

El Cretácico Inferior de la Cordillera Ibérica en su extremo nororiental presenta formaciones portadoras de carbón (hullas subbituminosas y lignitos) explotadas en la denominada zona de Teruel (IGME, 1985). La producción de lignito negro en dicha zona durante 1988 fue de 3.946.617 Tm. (ITGE, 1988) lo que representa el 20% de las producciones totales de lignito negro y hulla en España.

Según IGME (1985), en la zona de Teruel, las explotaciones de carbón presentan unos ratios medios de estériles entre 10 y 15 m³/Tm de carbón, situándose el límite de economicidad en ratios de 15 a 20 m³/Tm de carbón.

La proximidad de dichos ratios al límite de economicidad hace que resulte interesante la investigación de aplicaciones para los materiales que constituyen estériles en estas explotaciones de carbón, y su valorización, bien para su investigación o explotación simultánea, bien para una explotación ulterior tras el abandono de la explotación de carbón.

Los lignitos explotados en la zona se localizan en la Fm. Escucha (CERVERA et al., 1976; PARDO y VILLENA, 1977; SALAS, 1986; QUEROL, 1990). Dentro de esta zona minera existen explotaciones de arenas, caolines y arcillas, frecuentemente bajo la denominación administrativa de caolines. Otros materiales interesantes son las arcillas calcinadas y escorias (vulg. "quemadizos"), que en algunos casos presentan composición mullítica (LÓPEZ AGUAYO et al., 1974; AMIGÓ y BASTIDA, 1984; ALASTUEY et al., 1991), así como los alumbres (FERNÁNDEZ NIETO et al., 1982).

En BASTIDA (1980) se significan las características tecnológicas de más relieve en arcillas utilizadas en el sector cerámico castellonense.

BASTIDA y ENRIQUE (1982) caracterizan diversas arcillas del Cretácico Inferior, utilizadas en el referido sector.

En BASTIDA et al. (1984) se establece una tipología práctica de las arcillas del Cretácico Inferior Terminal de la zona N de Teruel.

Este trabajo se referirá a las arcillas de los tipos 3, 4, 5 y 6 señalados en BASTIDA et al. (1984), localizados en la Fm-Escucha, en la Val de Ariño, y en canteras explotadas en la zona NE de Teruel, quedando excluidos los tipos 1 y 2 (Bauxitas y arcillas lateríticas bauxitoides), cuya presencia no se ha constatado en la formación que nos ocupa.

CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

La porción septentrional de la provincia de Teruel presenta importantes afloramientos de formaciones del Cretácico Inferior Terminal (Fm. Utrillas Y Fm. Escucha) que en la figura 1 se han agrupado en un conjunto de bandas (de acuerdo con BASTIDA et al., 1985).

Un resumen de las características generales de estas formaciones puede hallarse en BASTIDA et al. (1984), tomando como base los trabajos de PARDO y VILLENA (1980) y PARDO (1979).

En estudios más recientes (QUEROL, 1990) se precisan las características sedimentológicas de la Fm. Escucha, en un ámbito geográfico más extenso, hacia el E, S y SE, que el considerado en los trabajos antes citados. En QUEROL (1990) y QUEROL y SALAS (1991) se ofrecen mapas de isopacas de la Fm. Escucha.

Clásicamente la Fm. Escucha se interpretaba (PARDO, 1979) como el resultado de una secuencia de progradación deltaica sencilla, correspondiendo su miembro inferior (lutitas y margas con intercalaciones calcáreas) a medios marinos y transicionales, el medio a predominio de lutitas laminadas presentando escasa influencia marina y el superior, a facies continentales de arenas y arcillas.

QUEROL, 1990 y QUEROL y SALAS (1991) ponen de manifiesto que dicha secuencia se cumple únicamente en el área de definición, no verificándose ni en la cubeta de Calanda, ni en el sector sur de Oliete, ni en el norte de la de Utrillas.

Según dichos autores en el modelo más general se presenta una megasecuencia inferior constituida basalmente por facies de la llanura mareal (tra-

mo 1) y a continuación las facies de llanura pantanosa y deltaica fluvial (tramo 2) y finalmente la llanura pantanosa (tramo 3). La megasecuencia superior consta de facies de cinturón de marismas y de llanura mareal (tramo 4), y a continuación llanura pantanosa (tramo 5) y llanura deltaica superior (tramo 6). En el área de Calanda-Esteruel la megasecuencia inferior está menos desarrollada, mientras que en la de Calanda no aparece la llanura mareal.

En las cuencas de Oliete, Castellote y Santa Bárbara se presenta únicamente una megasecuencia regresiva constituida por facies de llanura mareal y/o cinturón de marismas, llanura pantanosa y llanura deltaica fluvial, mientras que en la cubeta de Traiguera y zona sur de la de Utrillas aparecen únicamente las facies de prodelta y de frente deltaico.

Básicamente, la diferencia del modelo de QUEROL (1990) respecto al de PARDO (1979) radica en la distinción de una intercalación de facies asimilables a las del miembro medio, dentro del miembro inferior, en la zona suroriental de la cuenca de Oliete.

En la Fm. Escucha, pues, se han distinguido un conjunto de tramos litoestratigráficos, de techo a base:

a) Arcillas con "pintas" y arenas canaliformes (tramos superiores de Calanda, Castellote, Santa Bárbara, Oliete y norte de la cuenca de Utrillas).

b) Facies arcillosas grisáceas, con limos varvados y carbón y secuencias arenosas escasamente desarrolladas (techo de la formación de Olocau, Tronchón y sector sur de la cubeta de Utrillas).

c) Lutitas oscuras con carbones, arenas, areniscas y calizas con fauna marina (tramo inferior de Aliaga, medio-inferior de Bordón, Olocau, Villarroya y Valdelinares, e inferior de Oliete-Esteruel).

d) Tramo análogo al a) (presente en la cuenca de Utrillas, centro-norte).

e) Alternancia de lutitas, areniscas y calizas, similar al c).

f) Margolutitas y areniscas calcáreas o calcarenitas (correspondientes a los tramos superiores de los sectores meridionales en las cubetas de Traiguera y Utrillas).

g) Margas oscuras con lentejones de areniscas bioclásticas con bivalvos, gasterópodos, corales solitarios, fragmentos de ammonites, etc., que aparecen por debajo de las margolutitas del tramo f.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS MATERIALES ESTUDIADOS

En la tabla 1, se recoge la localización geográfica de los materiales estudiados. Los puntos de muestreo se localizan en las bandas IV y V de la figu-

ra 1, correspondiendo la mayor parte a un amplio desmuestre efectuado en la Corta Barrabasa (Minas de Endesa, Andorra).

TABLA 1

<i>REF.</i>	<i>T. M.</i>	<i>LOCALIZACION</i>	<i>FORMACION</i>
1	Andorra	Corta Barrabasa	F. Escucha
2	Andorra	Corta Barrabasa	F. Escucha
3	Andorra	Corta Barrabasa	F. Escucha
4	Andorra	Corta Barrabasa	F. Escucha
5	Andorra	Corta Barrabasa	F. Escucha
A5	Andorra	Corta Barrabasa	F. Escucha
A6	Andorra	Corta Barrabasa	F. Escucha
6AB	Andorra	Corta Barrabasa	F. Escucha
7AB	Andorra	Corta Barrabasa	F. Escucha
8RG	Andorra	Corta Barrabasa	F. Escucha
A9	Andorra	Corta Barrabasa	F. Escucha
4-160	Oliete	30 TXL 98604105	F. EscuchaMB.2
4-161	Oliete	30 TXL 98604105	F. EscuchaMB.2
2-194	Montalbán	30 TXL 87101900	F. EscuchaMB.2
2-195	Montalbán	30 TXL 87101900	F. EscuchaMB.1

Localización geológica de las muestras

Estos materiales correspondientes a estériles de mina o afloramientos no explotados serán comparados con materiales explotados como arcillas cerámicas en las bandas I y II (en la Cañada de Verich, Rafales, Belmonte de Merquín y Beceite, localidades señaladas en la tabla 4).

Las once primeras muestras corresponden a niveles lutíticos de potencias superiores a 5 m presentes en la Corta Barrabasa, por encima de las capas R de carbón, correspondiendo las tres últimas a facies de llanura deltaica fluvial. Una descripción detallada de la columna puede hallarse en QUEROL (1990).

Las muestras restantes se sitúan en las columnas del Bco. de la Balsa (Oliete) y de las Casas del Molar (Montalbán), recogidas en las figura 2, como P1 y P7 respectivamente.

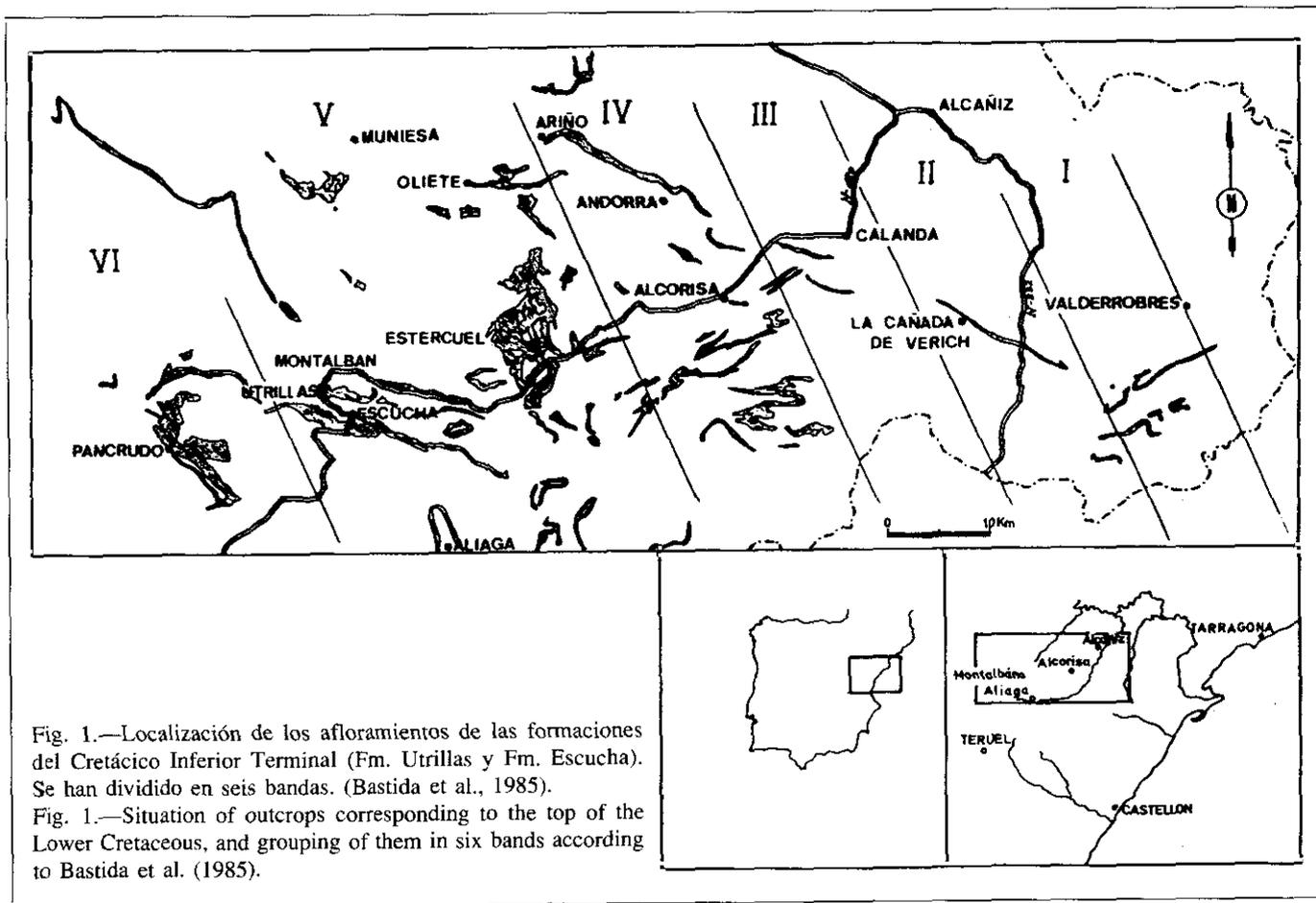


Fig. 1.—Localización de los afloramientos de las formaciones del Cretácico Inferior Terminal (Fm. Utrillas y Fm. Escucha). Se han dividido en seis bandas. (Bastida et al., 1985).

Fig. 1.—Situation of outcrops corresponding to the top of the Lower Cretaceous, and grouping of them in six bands according to Bastida et al. (1985).

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA. GENERALIDADES

En BASTIDA et al. (1984) se sintetizan y discuten datos relativos a petrografía y mineralogía de lutitas de las formaciones Escucha y Utrillas, en el área considerada en la figura 1.

La naturaleza caolino-illítica de la fracción arcilla de lutitas y arenas en dichas formaciones se justifica (LÓPEZ AGUAYO y MARTÍN VIVALDI, 1972) por unas condiciones de meteorización bajo condiciones tropicales, originando facies siderolíticas. El paso de la Fm. Escucha a la de Utrillas, supondría un cambio de clima subtropical cálido húmedo, hacia unas condiciones más áridas.

CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS Y TECNOLÓGICAS

La tabla 2 refleja la composición mineralógica de los materiales analizados, mediante difracción de rayos X, obtenida según los criterios identificativos recopilados en WARSHAN & ROY (1961) y BRINDLEY & BROWN (1980). La asociación mineral registrada es caolinita + illita + cuarzo \pm feldespatos \pm hematites, habiéndose reconocido siderita y, en trazas (o con dudas), la pirita. En la misma tabla se recogen los colores en crudo de las muestras.

TABLA 2

	1	2	3	4	5	4-160	4-161	6AB	7AB	82-194	82-195	8RG	A5	A6	A9
Cuarzo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Caolinita	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Illita	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Feldespato	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Anortita	X	X	X	X	X										
Hematites	X	X	X	X											
Pirita							?								
Siderita	X	X	X												
Color	N	N	G	M,N	N	N	G	M	M,G	N	M,G	R	R	A	M,V

Indicación de color: N=Negro; G=Gris; M=Marrón; R= Rojo; A= Amarillo; V= Verde

Análisis mineralógico por difracción de RX

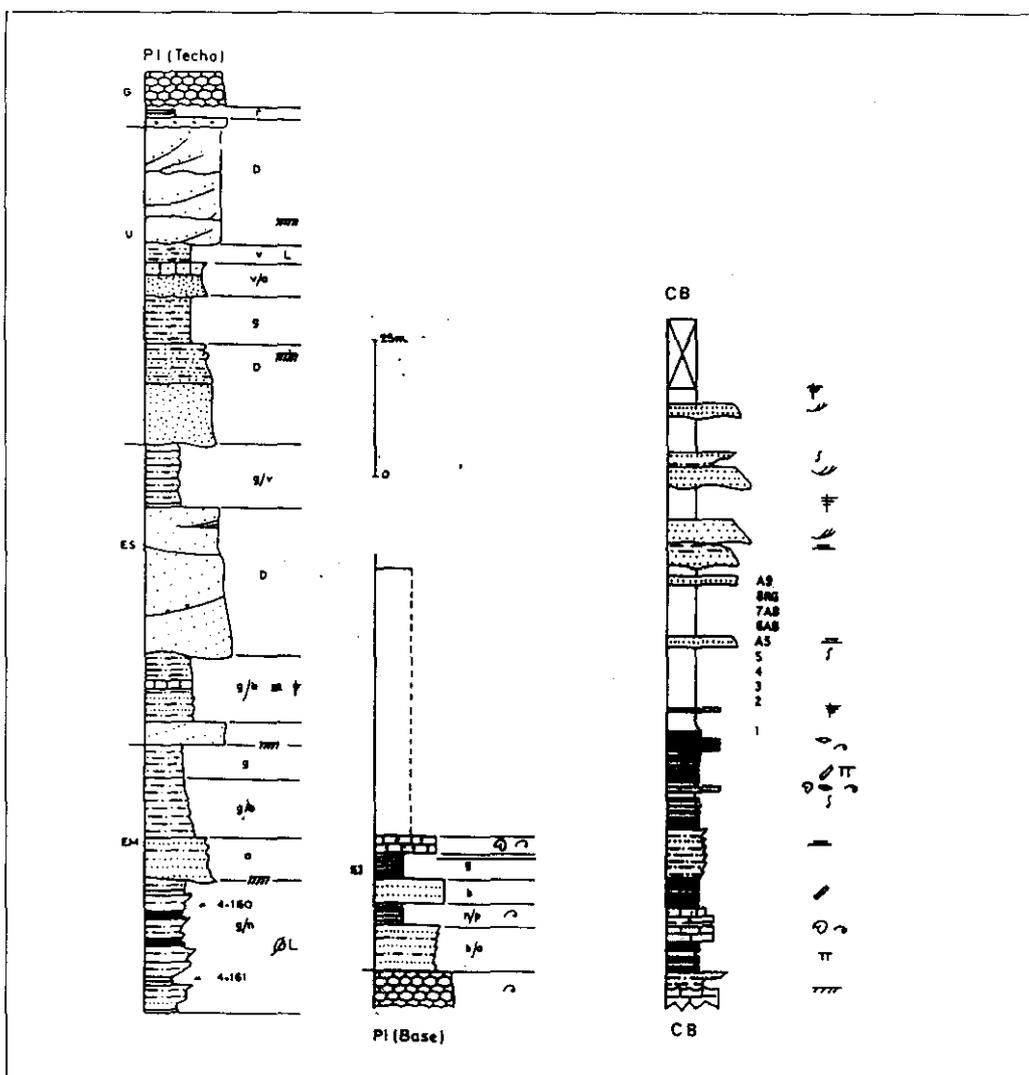


Fig. 2.—Columnas estratigráficas.—PI: Barranco de la Balsa (Oliete); CB: Corta Barrabasa (Endesa-Andorra). G: Garumniense, U: Utrillas, E: Escucha (E1: Miembro inferior, E2: Miembro medio, E3: Miembro superior). MT: Margas de transición. **Simbología.**—A: calizas, B: calizas nodulosas, C: calcarenitas, D: dolomías, E: margas, F: lignito, G: arcillas, H: arcillas con intercalaciones de detríticos más gruesos, I: arcillas margosas, J: arcillas laminadas, K: limolitas y/o limolitas arcillosas. L: lutitas con intercalaciones de areniscas de grano fino, M: areniscas y/o arenas, N: areniscas con intercalaciones de lutitas. **Estructuras sedimentarias.**—1: encostramiento ferruginoso, 2: nódulos ferruginosos, 3: oncolitos, 4: estr. cruzada planar, 5: estr. cruzada en surco, 6: bioturbación por raíces, 7: "pintas" (rizocreciones ferruginizadas?), 8: nivel de lignito, 9: "espina de arenque", 10: restos vegetales, 11: fragmentos de tronco, 12: laminación paralela, 13: laminación varvada, 14: estr. "flaser", 15: estr. "linsen", 16: cristales de yeso, 17: fauna en general, 18: gasterópodos, 19: bivalvos, 20: turritélidos, 21: bioturbación. **Colores.**—a: amarillo, b: blanco, g: gris, m: marrón, p: pardo, r: rojo, v: verde, vi: violeta, D: versicolor.

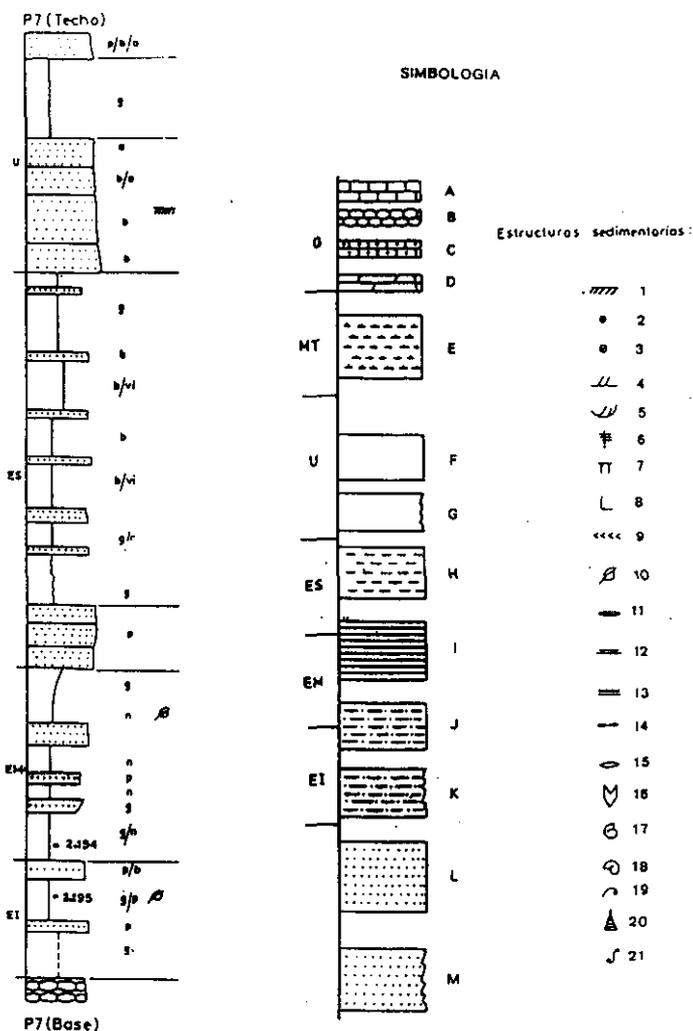


Fig. 2.—Stratigraphical sections.—P1: Barranco de la Balsa (Oliete); P7: Casas del Molar (Montalbán); CB: Corta Barrabasa (Endesa-Andorra). G: Garumnian; U: Utrillas Fm.; E: Escucha Fm. (EI: Low Escucha Mb.; EM: Middle Escucha Mb.; ES: Upper Escucha Mb.). MT: Transition marls. **Symbols.**—A: limestones, B: nodular limestones; C: calcarenites, D: dolostones, E: marls, F: clays, G: lutites and sands, H: marly clays, I: shales, J: silts and clayey silts, K: lutites with fine sands, L: sands and sandsontes, M: sandstones with lutites. **Sedimentary structures.**—1: ferruginous duricrust, 2: oncolites, 3: ferruginous nodules, 4: planar cross bedding, 5: through cross bedding, 6: roots traces, 7: flamed ferrigenous concretions (ferruginous rhizocretions?), 8: lignite, 9: herring-bone, 10: vegetal remains, 11: wood fragments, 12: parallel lamination, 13: varved lamination, 14: flaser, 15: lenser, 16: gypsum crystals, 17: fauna, 18: gastropdes, 19: bivalves, 20: turrtilids, 21: burrows. **Colours.**—a: yellow, b: white, m: redish or grayish brown, p: yellowish brown, r: red, v: green, v: purple, D: versicolor.

TABLA 3

ARCILLA	ANÁLISIS QUÍMICOS *											SiO ₂ / Al ₂ O ₃	ANÁLISIS RACIONAL		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P.F.	TOTAL	Al ₂ O ₃	I	K	Q
1	46,7	28,9	5,17	0,96	0,95	0,1	2,71	0,9	0,03	13,4	99,78	2,747	22,91	50,83	12,7
2	49,9	26,4	5,91	0,95	1,12	0,12	3,23	1,25	0,02	10,91	99,77	3,213	27,3	40,24	18,841
3	49,1	25,6	7,02	1,42	0,95	0,1	2,89	1,18	0,041	11,51	99,79	3,261	24,43	41,01	18,982
4	51,8	24,3	9,61	0,72	0,73	0,1	2,731	0,87	0,011	8,81	99,68	3,624	23,07	39,03	23,212
5	49,8	26,5	7,9	0,96	0,78	0,11	2,291	1,1	0,021	10,31	99,79	3,195	19,36	48,21	18,624
4-160	46,9	34,1	2,56	0,14	0,55	0	7,9	0,75	0,011	12,71	99,52	2,338	15,13	71,55	6,7824
4-161	53,9	29,3	2,01	0,01	0,69	0,08	2,36	1,15	0,01	10	99,6	3,126	19,95	54,8	19,424
6AB	58,8	13,2	15,71	0,39	0,01	0,09	1,25	0,79	0,04	9,63	99,91	7,573	10,57	23,12	43,271
7AB	74,7	14,4	2,24	0,44	0,14	0,1	1,56	0,94	0,01	5,07	99,6	8,819	13,19	23,61	57,759
82-194	50,4	22,1	3,99	0,01	0,43	0,24	2,66	0,83	0,01	19,4	99,97	3,886	22,48	33,92	24,459
82-195	69	14,9	6,98	0,43	0,01	0,11	1,79	0,8	0,02	5,58	99,72	7,872	15,13	22,98	51,471
8RG	58,7	22,6	7,18	0,59	0,01	0,15	1,12	1,08	0,01	8,51	99,95	4,415	9,466	47,96	32,112
A5	63,4	16,8	8,41	0,7	0,35	0,15	2,97	0,7	0,01	6,38	99,87	6,415	25,1	18,09	43,635
A6	80,9	8,5	1,91	1,45	0,21	0,07	2,09	0,57	0,01	4,19	99,9	16,18	17,67	4,327	70,9
A9	56	20,9	5,62	1,38	1,89	0,12	4,07	0,52	0,01	9,29	99,8	4,555	34,4	19,42	31,412

* Efectuados en la A.I.C.E., por fluorescencia de rayos X (mediante un aparato Philips modelo PW 1480 y utilizando patrones NBS y BCS); pérdida a 1100 °C (P.C.), por gravimetría.

TABLA 4

LOC.	MUESTRA	ANÁLISIS QUÍMICOS *											SiO ₂ / Al ₂ O ₃	ANÁLISIS RACIONAL		
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P.F.	TOTAL	Al ₂ O ₃	I	K	Q
1	CVPM3	47,6	30	7,37	0,37	0,44	0,1	0,57	1,88	0,1	11,5	99,94	2,695	4,8181	71,3	12,218
2	CVMC2	46,2	33,2	3,55	0,56	0,48	0,14	0,76	1,94	0,02	13	99,86	2,362	6,424	77,78	7,0102
3	CVA	46,4	31,7	5,19	0,57	0,46	0,22	0,76	2,33	0,03	12,6	100,3	2,492	6,424	73,86	9,1069
4	RP1	46,6	35,2	2,09	0,41	0,34	0,07	0,46	1,95	0,06	12,8	99,93	2,25	3,888	85,23	5,0986
5	RPA2	42,4	33,3	8,07	0,39	0,52	0,13	0,84	1,63	0,04	12,7	99,98	2,166	7,1	77,3	3,1877
6	R-MP3	46,2	35,6	2,47	0,37	0,45	0,16	1,05	1,34	0,02	12,1	99,74	2,207	8,875	81,42	4,2554
7	RP4	40,4	32	10,3	0,56	0,49	0,1	0,86	1,62	0,04	13,7	100,1	2,144	7,269	73,95	2,6526
8	VTU	41	28,9	5,86	5,42	0,63	0,1	0,39	1,33	0,03	16,6	100,3	2,417	3,296	69,77	7,0103
9	VG2	42,6	29,8	7,29	1,99	0,66	0,11	0,47	1,51	0,03	15,4	99,91	2,428	3,973	71,59	7,4553
10	VA	46,8	29,5	7,11	1,15	0,65	0,06	0,44	1,52	0,02	13,1	100,4	2,702	3,719	70,9	12,111
11	VAA	44,2	29,7	5,07	3,85	0,62	0,07	0,38	1,4	0,02	15,1	100,4	2,535	3,212	71,87	9,2775
12	VGO1	44,3	34,5	2,55	0,94	0,43	0,1	0,63	1,7	0,01	14,2	99,29	2,183	5,325	82,01	3,6471
13	BG	51,9	29,4	3,7	0,41	0,54	0,17	1,91	1,01	0,01	11	100,1	3,003	16,14	58,65	17,284
14	BBP	53,4	27	5,16	0,85	0,64	0,17	2,07	1,03	0,02	9,79	100,1	3,362	17,5	51,24	21,554

Datos suministrados por ARCIMUSA, en documentación comercial.

* Análisis realizados por XRAL (Toronto, Canadá).

Localidades: 1-3 La Cañada de Verich (Predio Mulet); 4-7 Rafales (Cantera Valencia); 8-12 Belmonte de Mezquín (Cantera Nirvana); 13-14 Beceite (Cantera María Teresa II).

La tabla 3 refleja los análisis químicos de las muestras, los análisis racionales obtenidos a partir de los anteriores, mediante el procedimiento de WORRALL (1959), que también se ha aplicado a muestras comerciales (tabla 4) procedentes de la zona oriental de la fig. 1 (bandas I y II).

Todas las arcillas de la tabla 2 presentan, en cocción a 1120 °C, color rosa claro, salvo las 4-160 y 4-161, que presentan color blanco rosado, y las 6AB y 7AB que presentan color rojizo. En las mismas condiciones, las arcillas de la tabla 4, presentan color rosa claro, salvo VG2 y VAA de color blanco, y BG, de color blanco pajizo.

En líneas generales se trata de materiales de cocción blanca, pero de composiciones menos caolínificas, de lo que se deriva menor refractariedad que en los materiales de la zona oriental; así en la tabla 4, la mayor parte de las razones $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ presentan valores inferiores a 3.0, ocurriendo lo contrario en la tabla 3; nótese sin embargo, que también se han localizado arcillas refractarias en el miembro medio de la formación (muestra 4-160).

La figura 3, que representa la posición de los materiales analizados en el diagrama de Casagrande puede orientar sobre las posibilidades de procesamiento de las arcillas en crudo. Puede observarse que no se presentan mate-

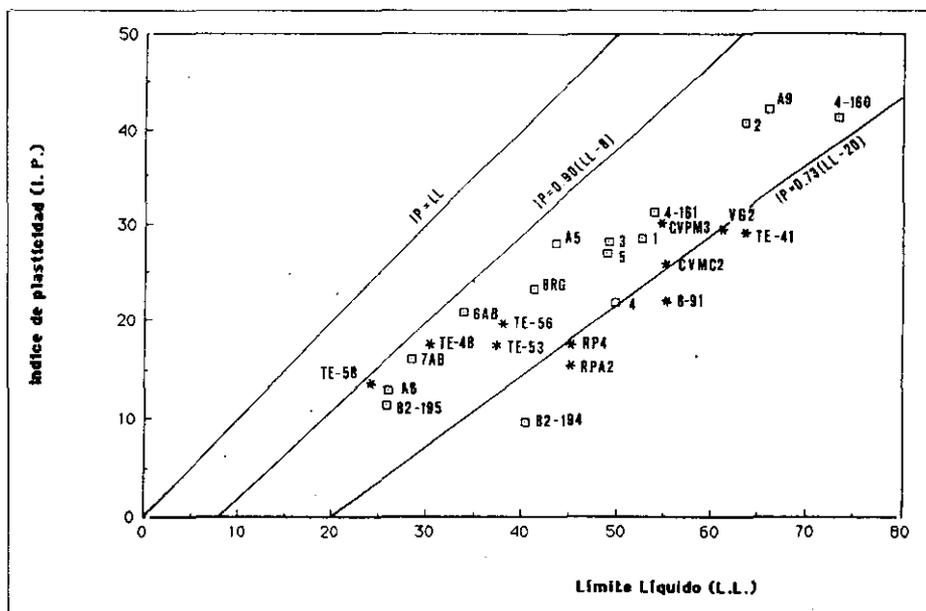


Fig. 3.—Diagrama de Casagrande.

Fig. 3.—Casagrande diagram.

riales con índice de plasticidad inferior a 10 (que resultan inmoldeables por extrusión según GIPINI, 1969), existiendo un amplio rango de valores de límite líquido.

Una porción importante de las muestras se sitúa en el cuadro delimitado por I.P. entre 10 y 30, y L.L. entre 40 y 60, que determina una moldeabilidad por extrusión adecuada. Los materiales con mayores contenidos en cuarzo (6AB, 7AB, A6 y 82-195) se sitúan en la zona de menor plasticidad. Dichos materiales son susceptibles, no obstante, de ser moldeados por prensado, tal como sucede con materiales similares explotados en la zona Esteruel-Crivillén, analizados en BASTIDA et al. (1984) (por ejemplo TE48, TE53, TE56 y TE58, cuya posición se ha señalado también en el diagrama).

Con valores de L.L. superiores a 35, se presentan materiales susceptibles de aplicación para colaje.

Puede observarse que las arcillas de alta plasticidad de la tabla 4 se sitúan en la zona de lutitas de alta compresibilidad, por debajo de la línea 0.73 (L.L. - 20), como consecuencia, generalmente, de sus altos contenidos en materia orgánica. Una posición anómala se ha observado en 82-194.

La figura 4 muestra una cierta correlación (lineal) entre el índice de plasticidad y el porcentaje de fracción arcilla, para las muestras de la tabla 2.

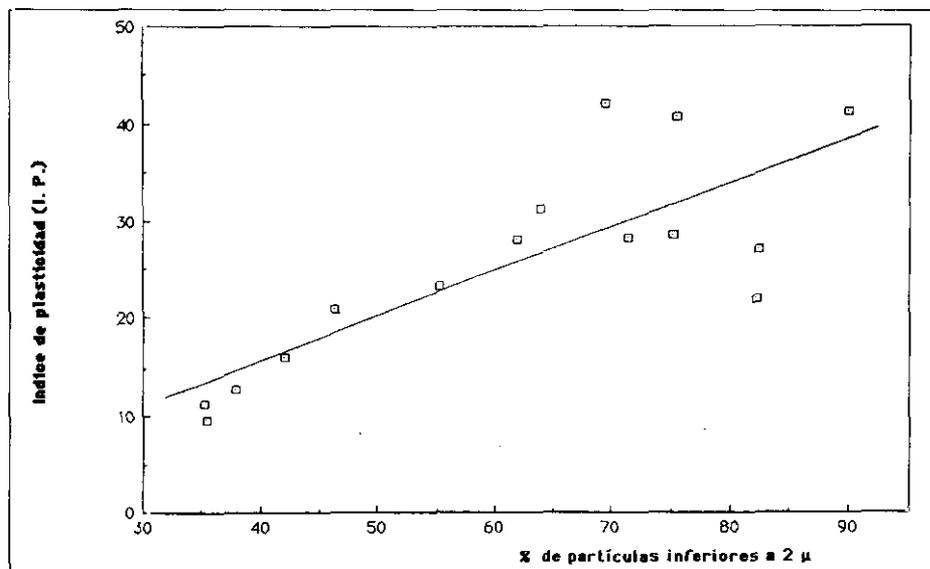


Fig. 4.—Variación del índice de plasticidad frente a porcentaje de fracción arcilla en las muestras analizadas.

Fig. 4.—Plasticity index versus percentage of clay fraction for the studied samples.

En la figura 5 se aprecia, asimismo, una relación de tipo logarítmico entre índice de plasticidad y el porcentaje de fracción superior a 50μ , para estos mismos materiales.

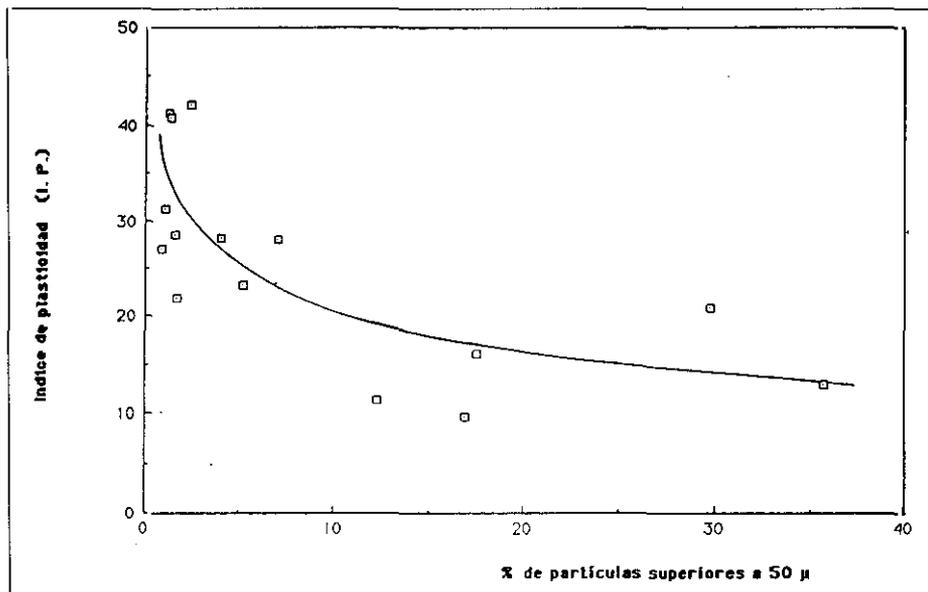


Fig. 5.—Variación del índice de plasticidad frente a porcentaje de fracción arena, en las muestras analizadas.

Fig. 5.—Plasticity index versus percentage of sand fraction for the studied samples.

CONCLUSIONES

Como resultado de lo expuesto cabe concluir que en la Fm. Escucha se presentan materiales arcillosos de interés minero, con diversas aplicaciones industriales.

Dentro de la tipificación establecida por IGME (1983) y BASTIDA et al. (1984) se reconocen los materiales que se indican:

- a) Arcillas caoliníticas de alta plasticidad y color de cocción blanco.
- b) Arcillas mixtas caolino-illíticas, de alto contenido en fracción arcilla y contenidos bajos en carbonatos y Fe_2O_3 .
- c) Arcillas mixtas illítico-caoliníticas ferruginosas y presentando variables contenidos en cuarzo y de compactación baja o media.

Ejemplo del tipo a) sería la muestra 4-160 (de las tablas 2 y 3) y los materiales explotados recogidos en la tabla 4. Ejemplos del tipo b) serían los materiales con valores de $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ próximos a 3 (en la tabla 3), correspondiendo el resto al tipo c). La muestra 1 se podría incluir en una subdivisión del grupo b), caracterizada por colores negros (relacionados con contenidos relativamente elevados de materia orgánica).

Los materiales del tipo a) tienen su aplicación en :

1. Refractarios y sanitarios (como chamotas). El incremento de los contenidos en Fe_2O_3 y TiO_2 limita dichas aplicaciones, pudiéndose dedicar el material a la fabricación de clínker de cemento.

2. Formulación de pasta blanca para pavimento y revestimiento.

3. Pastas de colaje y engobes.

4. Cargas activas.

5. Formulación de pastas no blancas para pavimento (rústico, gres, semi-gres, poroso) y en mezclas destinadas a ladrillería y tejería.

Para el tipo b) se tendrían aplicaciones similares, excluyendo la 1; en las aplicaciones 2 y 3 se tendrían pastas con menor rango de cocción; la presencia de componentes colorantes no supondría merma de la aplicabilidad como cargas activas en el caso del caucho, pero sí para productos blancos.

Para el tipo c) las aplicaciones se restringirían a las señaladas en 5.

Los criterios y limitaciones en el uso de materiales arcillosos para la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos por cocción rápida pueden hallarse en BASTIDA (1980).

AGRADECIMIENTOS

Proyecto PB 89-418 de la C.I.C.Y.T.

A Endesa-Andorra, por las facilidades para los desmuestres efectuados en Corta Barrabasa.

A Arcimusa, por la documentación facilitada.

BIBLIOGRAFÍA

ALASTUEY, A.; BASTIDA, J.; FERNÁNDEZ TURIEL, J.L.; QUEROL, X. y SIGNES, M. (1991). Arcillas calcinadas de la base de la Fm. Escucha en el área de Foz-Calanda. (NE de la provincia de Teruel). III *Coloquio del Cretácico de España*, 1991, Resúmenes, pág. 8.

- AMIGÓ, J.M. y BASTIDA, J. (1984). Nota sobre materiales mullíticos del NE de la provincia de Teruel. *I Congreso Español de Geología*, Tomo II, pág. 882-890.
- BASTIDA, J. BESTEIRO, J. y MENDUIÑA, J. (1984). Mineralogía aplicada de arcillas del Cretácico Inferior Terminal de la zona norte de la provincia de Teruel (España). *I Congreso Español de Geología*, Tomo II, pág. 891-913.
- BASTIDA, J y ENRIQUE, J.E. (1982). Arcillas cerámicas del Cretácico Inferior del Maestrazgo. *Cuadernos de Geología Ibérica*, nº 9, pág. 881-890.
- BASTIDA, J. (1980). Petrografía y mineralogía de arcillas en relación con procesos de cocción rápida. *Cerámica y Vidrio*, vol.21, nº 1, pág. 15-22.
- BASTIDA, J. ; BESTEIRO, J. y SIGNES, M. (1985). Materias primas para refractarios silicoaluminosos en la provincia de Teruel. Informe a la Exma. Diputación Provincial de Teruel, pág. 85.
- BRINDLEY, G.W. y BROWN, G.W. (1980) Crystal structures of clay minerals and their identificación. Mineralogical Society Monograph N°5, London, 495 pp.
- CERVERA, A.; PARDO, G. y VILLENA, J. (1976). Algunas precisiones litoestratigráficas sobre la formación "Lignitos de "Escucha", *Tecniterrae*, nº 14, págs. 25-33.
- FERNÁNDEZ NIETO, C.; CERVERA, C.; GONZÁLEZ LÓPEZ, J.M. y PARDO, G. (1982). Presencia de sulfatos aluminicos hidratados en la Fm. Escucha. *Bol. Soc. Esp. Min.*, t 1982, pág. 65-74.
- GIPINI, E. (1969). Contribución al conocimiento de la composición óptima de las pastas cerámicas. Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento. (Madrid). pág. 211.
- GILLOT, R. (1968). *Clay in Engineering Geology*. Elsevier. (Amsterdam).
- IGME. (1983). Investigación de arcillas en Levante. Fondo documental ITGE. Doc. 10-919. 2 vol.
- IGME. (1985). Mapa Geológico de España. E 1/200.000. Hoja nº 48. Vinaroz.
- ITGE. (1988). Panorama Minero 1988. Madrid, pág. 185.
- LÓPEZ AGUAYO, F. y MARTIN VIVALDI, J.L. (1972). The Spanish Wealdian Clays: its geological interest and economical importance. *Proc. Int. Clay Conf.* 1972, Madrid, pág. 749-761.
- LÓPEZ AGUAYO, F. ; GALÁN, E. y MARTÍN VIVALDI, J.L. (1974) Occurrence of mullite in the sedimentary Utrillas facies (Teruel, Spain). *Bull. Groupe Français des Argiles*, vol. 26, pp. 263-275.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA (M.I.E.). (1985). Actualización del inventario de recursos de carbón (A.I.R.N.C.-85). Madrid, pág. 218.
- PARDO, G. y VILLENA, J. (1977). Estudio sedimentológico de las Arenas de Utrillas, en las cuencas de Utrillas y Estercuel. *VIII Congreso Nacional de Sedimentología*.

- PARDO, G. y VILLENA, J. (1980). Les formations Escucha et Utrillas dans leur localités tippes. Reunión Groupe Francais de Cretace-Grupo Español del Mesozoico, pág. 119-135.
- PARDO, G. (1979). Estratigrafía y sedimentología de las formaciones detríticas del Cretácico Inferior Terminal del Bajo Aragón. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.
- QUEROL X. y SALAS, R. (1991). El sistema deltaico albinense medio de las cuencas del NE de Iberia. *III Coloquio del Cretácico de España*, 1991. Resúmenes, pág. 57.
- QUEROL, X. (1990) Distribución de materia mineral y azufre en los carbones de la Fm. Escucha. Relación con los factores geológicos, sedimentológico y diagénético. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona, pág. 509.
- SALAS, L. (1986). El cicle cretacic inferior in: SANTANACH, P. (Coordinador), *Historia Natural dels Paisos Catalans*. Vol. Geología, I, pág. 303-406.
- SALAS, R.; BARRACHINA, A. CABANES y R. QUEROL, X. (1986). Los sistemas deposicionales del Malm y del Cretácico Inferior de los Catalánides y la Cordillera Ibérica Oriental. Libro Guía Exc. nº 4, *XI Congreso Español de Sedimentología*.
- WARSHAW, CH. & ROY, R. (1961). Classification and scheme for identification of layer silicates. *Geol. Soc. of American Bulletin*, vol. 42, pág. 1455-1492.
- WORRALL, W. (1959). Rational analysis of fireclays. *Trans Jour. Brit. Ceram. Soc.*, 58, pág. 145-152.

Manuscrito recibido: 16 diciembre 1991.

Revisión aceptada: 5 mayo 1993.