

Arcillas industriales en Aragón.

Por E. GARCIA ROMERO (*)

P. MUÑOZ DE LA NAVA SANCHEZ (**), J. V. NAVARRO GASCON (***) y P. PEREZ CUADRA (***)

RESUMEN

Se realiza un primer intento de tipificación, con fines industriales, de las principales formaciones arcillosas de Aragón. Se estudian las unidades más importantes de la Depresión del Ebro (Formaciones Sariñena, Longares y Series de Transición de Tarazona), de la Cordillera Ibérica (Keuper, Facies Weald y Formaciones Lignitos de Escucha y Arenas de Utrillas), los terciarios de las Depresiones Interiores (Depresiones de Calatayud y Alfambra-Teruel) y el Mioceno de la Depresión de Almazán.

El mayor desarrollo lo adquieren las arcillas comunes (fundamentalmente ilíticas), potencialmente utilizables como materiales de construcción y en alfarería. Aparecen concentraciones importantes de arcillas especiales (sepiolita en el área de Mara y palygorskita en el área de Bordalba). En la Cordillera Ibérica destacan las arcillas caoliníferas.

Palabras clave: Arcillas industriales, Caolín, Arcillas especiales, Aragón, España.

ABSTRACT

This paper is a first attempt to characterize, for industrial purposes the main clay formations of Aragón. It deals with the most important units of Ebro Basin (Sariñena and Longares formations and «Series de Transición de Tarazona»), Iberica Range (Keuper, Weald facies, «Lignitos de Escucha» and «Arenas de Utrillas» formations), Innes basins tertiary materials (Catalayud and Alfambra-Teruel basins and Miocene from Almazán basin).

Main development is reached by common clays (mainly illitic), eventually usefull for construction and pottery. There are too important masses of special clays (sepiolite in Mara area and palygorskite in Bordalba). Caolinitic clays are predominant in Iberica Range.

Key words: Industrial clays, Kaolin, Special clays, Aragón, Spain.

1. INTRODUCCION

El presente trabajo es una síntesis de los resultados obtenidos a lo largo del proyecto realizado por el IGME (1986) titulado «Posibilidades de Arcillas Especiales en Aragón». Con el mismo se ha pretendido la tipificación, con fines industriales, de las principales formaciones arcillosas de Aragón, intentando proporcionar una información de carácter general que llenase algunos de los vacíos existentes en esta campo en dicha Comunidad.

Por ello, hemos dirigido nuestra atención hacia las zonas sobre las que se disponía de poca o nula información, mientras que sobre las que existía una buena documentación geológica nos hemos limitado a hacer una revisión bibliográfica exhaustiva, integrando estos datos en el proyecto.

Hasta la realización del citado estudio no se había efectuado ninguna investigación, con carácter amplio y específico, en el campo de las arcillas industriales en Aragón. No obstante, las citas sobre la existencia de las mismas aparecen frecuentemente en la bibliografía geológica de la región, especialmente en el Valle del Ebro y Depresión de Calatayud.

Hay que destacar, entre otros, los estudios rea-

(*) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de C. C. Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.

(**) ITGE.

(***) Aplicaciones Geológicas, S. A. (AGESA).

lizados por PINILLA (1968a y b) y PINILLA et al. (1968, 1969, 1970, 1972) en los que proporcionan una visión general sobre los materiales terciarios de la Cuenca del Ebro, los realizados por QUIRANTES (1969) sobre la parte central de la depresión del Ebro, quien realiza un mapa litoestratigráfico de las formaciones que describe, por CABALLERO y LOPEZ AGUAYO (1972), CABALLERO y MARTIN VIVALDI (1972) y LOPEZ AGUAYO y MARTIN VIVALDI (1973a, b y c) sobre la mineralogía de los materiales triásicos y wealdenses, por GALAN (1972) sobre los caolines españoles, IGME (1978) sobre las formaciones caoliníferas de la Cordillera Ibérica, así como estudios de carácter más local, entre los que se encuentran los realizados por ALONSO et al. (1961), HUERTAS et al. (1974), GONZALEZ Y GALAN (1984), VILLENA et al. (1987), etc.

En el caso de las arcillas comunes, es obvio que la facilidad de explotación y posibilidades de mercado son factores determinantes para la valoración de un yacimiento, mientras que en el caso de las arcillas especiales y caolines, con unas condiciones de mercado más estables, éstas pueden ser económicamente interesantes a pesar de que las condiciones de explotabilidad no sean idóneas. Estos criterios han sido tenidos en cuenta en la selección de puntos de estudio.

Por esto, para la selección de puntos de estudio se han tenido en cuenta criterios de explotabilidad de las posibles canteras de arcillas especiales. Así, se han descartado pequeños afloramientos situados en zonas de difícil acceso o que por diversos motivos fuesen de escasa explotabilidad, independientemente de su mineralogía.

2. METODOLOGIA

Según los criterios expuestos en la introducción se realizaron una serie de itinerarios de campo, prestando especial atención a las características geológico-mineras de las formaciones, así como a su interés mineralógico. Las zonas seleccionadas para el muestreo han sido explotaciones activas o abandonadas y afloramientos favorables. La situación geográfica y características geológicas de los puntos de muestreo viene resumida en las tablas I a IV. Al mismo tiempo se levantan

1.400 metros de columnas litológicas para complementar la información geológica.

Para la caracterización de las muestras se han realizado análisis mineralógicos semicuantitativos, mediante difracción de rayos X, sobre muestra de polvo total y sobre Agregados Orientados (sin tratamiento, solvatados con etilén-glicol, y tratados térmicamente), análisis químicos por Absorción Atómica de los elementos mayoritarios con cálculo de la pérdida en peso por calcinación y análisis granulométrico.

Para el análisis granulométrico se procedió, en primer lugar, a la determinación del contenido en peso de partículas menores de 0,80 mm. (tamiz 0,80 UNE), siguiendo la norma NLT 104/72. Con el material menor de ese tamaño se ha procedido al ensayo de determinación granulométrica con densímetro (método Bouyoucos-Casagrande) siguiendo la norma ASTM D422-72. En las tablas V a IX se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Asimismo, se han seleccionado una serie de muestras procedentes de áreas potencialmente interesantes a las que, de acuerdo con su composición mineralógica, se les han realizado algunos de los siguientes ensayos tecnológicos:

- * Límites de Atterberg
- * Ensayos de cocción
- * Capacidad de cambio catiónico
- * Ensayos de absorción con agua y aceite
- * Reología

3. CARACTERISTICAS MINERALOGICAS Y VALORACION DE AREAS

A pesar del amplio espectro de formaciones arcillosas que concurren en Aragón (desde lútitas paleozoicas hasta el Cuaternario) el interés que ofrecen éstas es muy desigual, por ello el intento de realizar un estudio que fuese de interés desde el punto de vista del aprovechamiento industrial del potencial arcilloso de la región, ha provocado que el conocimiento de las formaciones arcillosas, obtenido a partir de este trabajo, sea muy variable, siendo suficiente en algunas zonas y escaso o inexistente en otras.

Las áreas que, por su potencial arcilloso, han sido consideradas prioritarias, han sido (fig. 1):

- * Depresión del Ebro: Formaciones Sariñena, Longares y Series de Transición de Tarazona.
- * Depresiones Interiores: Terciarios de las Depresiones de Calatayud y Alfambra-Teruel.
- * Mioceno de la Depresión de Almazán.
- * Cordillera Ibérica: Keuper, Facies Weald y

Formaciones Lignitos de Escucha y Arenas de Utrillas.

Siguiendo la metodología expuesta en el capítulo anterior, se ha efectuado la caracterización mineralógica y valoración global de cada una de ellas. En las tablas V a IX se indican las características mineralógicas y químicas de las muestras estudiadas.

TABLA I

Situación geográfica y características geológicas de los puntos de muestreo. Depresión del Ebro (Formaciones Sariñena y Longares)

Número de muestra	Localidad	Edad - Formación	Descripción	
387-HU-39	Fraga	Mioceno (Aquitaniense-Vindoboniense) Formación Sariñena	Arcillas limosas ilíticas con caolinita, clorita y cuarzo	
387-HU-40			Arcillas ilíticas con caolinita y clorita	
357-HU-41	Alcolea de Cinca		Margas ilíticas con caolinita, clorita y cuarzo	
357-HU-42	Villanueva de Sigena			
324-HU-43	Grañén		Limos arcillosos calcáreos con ilita, caolinita, clorita y cuarzo	
325-HU-44	Peralta de Alcofea			
326-HU-45	Binéfar		Margas ilíticas con caolinita, clorita y cuarzo	
286-HU-46	Loporzano		Arcillas limosas calcáreas con ilita, caolinita, clorita y cuarzo	
248-HU-47	Igriés		Margas ilíticas con caolinita, clorita y cuarzo	
247-HU-48	Los Corrales		Arcillas margosas ilíticas con caolinita y clorita	
284-Z-49	Ejea de los Caballeros		Mioceno Superior (Vindoboniense) Formación Longares	Arcillas ilíticas con caolinita
411-Z-62	Muel			Arcillas limosas ilíticas con caolinita
411-Z-63	Mezalocha			Margas sepiolíticas con ilita
411-Z-64				Arcillas dolomíticas, ilíticas, con caolinita y clorita
411-Z-65	Botorrita	Arcillas margosas ilíticas, con caolinita y clorita		
412-Z-66	Belchite	Arcillas margosas ilítico-esmectíticas con presencia de clorita y caolinita		
385-Z-67	Pina de Ebro	Margas ilíticas con caolinita y clorita		
384-Z-68		Limos arcillosos ilítico-esmectíticos con caolinita, clorita y cuarzo		
412-Z-69	Fuentes de Ebro			

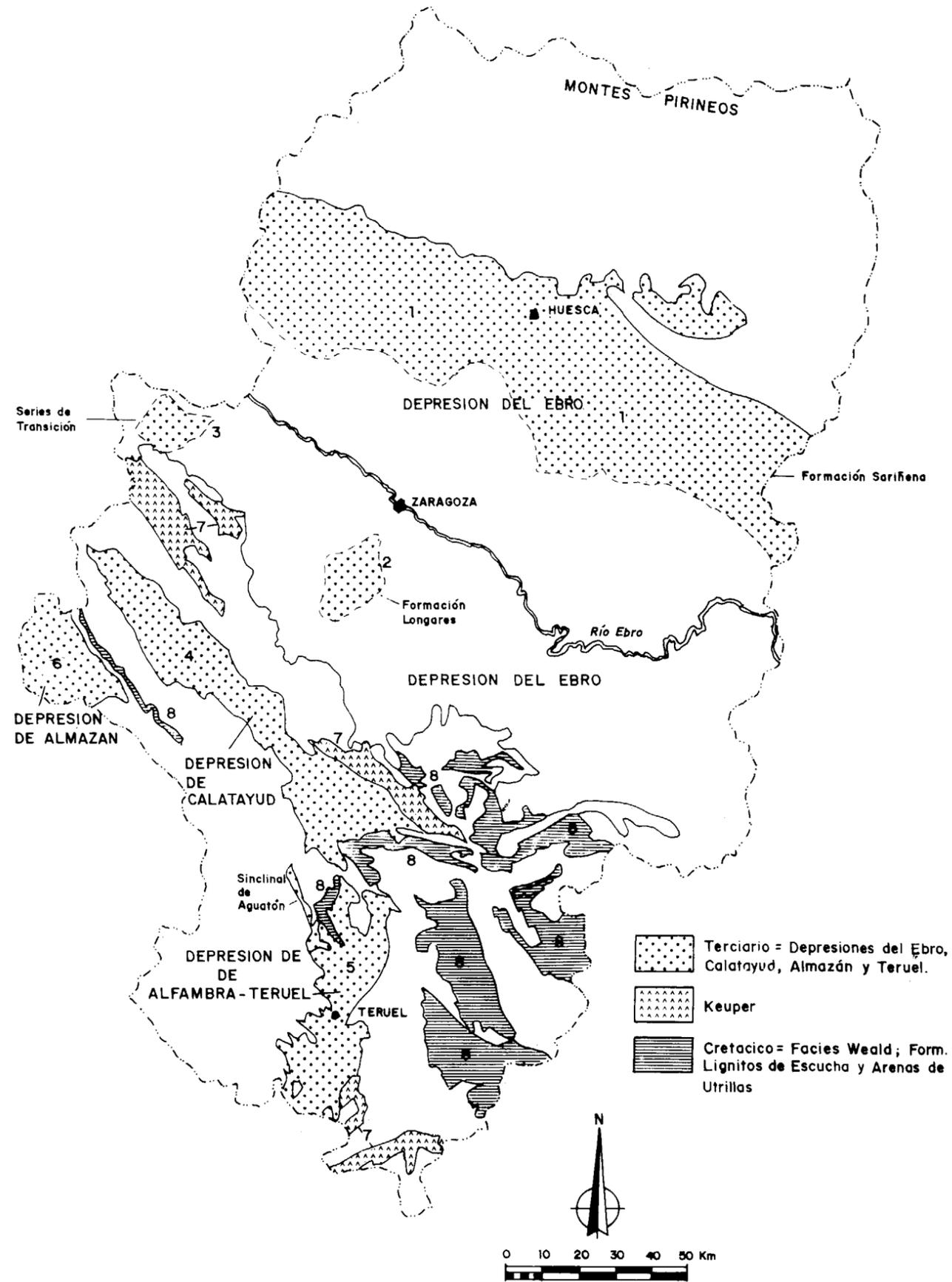


TABLA II
Situación geográfica y características geológicas de los puntos de muestreo. Depresiones Interiores (Alfambra-Teruel y Calatayud)

Número de muestra	Localidad	Edad - Formación	Descripción
542-Te-21	Celadas	Oligoceno Medio-Superior	Arcillas ílticas muy puras con trazas de clorita y caolinita
567-Te-23	Teruel	Mioceno-Plioceno Inferior	Arcillas ílticas con presencia de caolinita y trazas de vermiculita
492-Te-25	Salcedillo	Eoceno (Sannoisiense)	Arcillas íltico caoliníticas
409-Z-26	Ateca	Mioceno (Aquitaniense-Vindoboniense)	Margas arcillosas ílticas con presencia de caolinita y clorita
409-Z-27	Calatayud	Mioceno (Aquitaniense-Burdigaliense)	Margas arcillosas ílticas con presencia de caolinita y clorita
438-Z-28	Mara	Mioceno (Aragoniense)	Arcillas sepiolíticas
437-Z-29	Fuentes de Jiloca	Mioceno (Aragoniense Superior-Turolense Medio)	Arcillas esmectítico-ílticas
438-Z-30	Villafeliche	Mioceno (Turolense)	Limos arcillosos ílticos con presencia de caolinita
465-Z-31	Daroca	Mioceno Inferior	Limos arcillosos ílticos con presencia de caolinita
492-Te-32	Barrachina	Oligoceno Superior-Mioceno Inferior	Arcillas paligorskítico-ílticas
492-Te-34	Calamocho	Oligoceno Medio-Inferior	Arcillas margosas ílticas
491-Te-35		Mioceno Medio-Inferior (Ageniense-Aragoniense)	Margas ílticas

Figura 1.—Distribución geográfica de las formaciones estudiadas. 1. Formación Sariñena.—2. Formación Longares.—3. Series de Transición de Tarazona.—4. Depresión de Calatayud.—5. Depresión de Alfambra-Teruel.—6. Depresión de Almazán.—7.—Keuper.—8. Facies Weald y Formaciones Lignitos de Escucha y Arenas de Utrillas.

TABLA III

Situación geográfica y características geológicas de los puntos de muestreo. Depresión de Almazán

Número de muestra	Localidad	Edad - Formación	Descripción
408-Z-75	Bordalba	Mioceno	Margas paligorskíticas con illita
408-Z-76			Arcillas paligorskíticas con illita
408-Z-77			Arcillas dolomíticas íltico-paligorskíticas
408-Z-78			Margas dolomíticas con paligorskita e illita
408-Z-79			Arcillas paligorskíticas con illita
408-Z-80			Arcillas limosas paligorskítico-ílticas
408-Z-81			
408-Z-82			Margas dolomíticas con paligorskita e illita
408-Z-83			Margas limoarcillosas paligorskítico-ílticas
408-Z-84			Arcillas paligorskítico-ílticas
408-Z-85			Arcillas paligorskíticas con illita
408-Z-86			Arcillas margosas, dolomíticas, paligorskítico-ílticas
408-Z-87			Margas paligorskíticas con illita
408-Z-88			Arcillas ílticas
408-Z-90			Arcillas margosas paligorskítico-ílticas

3.1. DEPRESION DEL EBRO

3.1.1. Formación Sariñena

La Formación Sariñena, de edad miocena, aflora extensamente en las provincias de Huesca y Zaragoza, y aparece citada en la bibliografía con diferentes nombres (Molasa de Sariñena, Formación de Uncastillo, Formación de Ujué). Se extiende desde todo lo largo de las Sierras Marginales oscenses hacia el sur y está constituida por una primera facies de borde, conglomerática, que evoluciona rápidamente hacia el centro de la cuenca a términos más finos, fundamentalmente areniscas con mayor o menor grado de intercalaciones margoarcillosas indentándose con las formaciones de centro de cuenca de los Montnegros, Montes de Castejón y Las Bárdenas.

De los análisis de caracterización (tabla V) se deduce que el término marga es el más apropiado para la fracción fina de esta formación.

Sólo en el extremo SE de la provincia de Huesca (Fraga-Alcolea de Cinca) se observan niveles con ausencia de carbonatos. La illita es el mineral de la arcilla dominante apareciendo, en menor medida, caolinita y clorita. Estos minerales están presentes en toda la formación, variando notablemente sus proporciones. En ciertos casos aparecen, asimismo, vermiculita e interestratificados. En la fracción no arcillosa la calcita puede alcanzar proporciones notables, apareciendo cuarzo y feldespatos como accesorios.

No se han detectado minerales fibrosos de la arcilla; no obstante, PINILLA y ALONSO (1969) citan indicios de sepiolita y paligorskita en el sector de Luna y Sádaba (Zaragoza).

El uso de estos materiales queda restringido a la cerámica de construcción (ladrillería), siendo la calidad del producto función del contenido en carbonatos.

TABLA IV

Situación geográfica y características geológicas de los puntos de muestreo. Cordillera Ibérica

Número de muestra	Localidad	Edad - Formación	Descripción
518-Te-2	Galve	Cretácico Inferior Facies Weald	Limos arcillosos íltico-caolíníficos con cuarzo
543-Te-3	Aguilar de Alfambra		Limos arcillosos íltico-caolíníficos con presencia de cuarzo y clorita
543-Te-4	Miravete		Limos arcillosos íltico-caolíníficos con cuarzo
543-Te-89	Ababuj		Limos arenosos íltico-caolíníficos con alto contenido en cuarzo y feldespatos
593-Te-6	Plou		Limos arcillo-arenosos caolíníficos con illita y cuarzo
493-Te-7	Oliete		Cretácico Medio-Inferior Albense Formación Utrillas
493-Te-8	Montalbán	Limos arcillosos íltico-caolíníficos con cuarzo	
518-Te-9		Limos arcillosos con caolinita, illita y cuarzo	
493-Te-10	Estercuel	Arcillas limosas caolíníficas con illita y cuarzo	
493-Te-11	Crivillén	Arcillas caolínífico-ílticas con cuarzo	
493-Te-12		Limos arcillosos caolínífico-ílticos con cuarzo	
519-Te-13	Molinos	Arcillas limosas caolíníficas con illita y cuarzo	
494-Te-15	Berge	Limos arcillosos caolíníficos con illita.	
494-Te-16	Alcorisa	Arcillas limosas caolínífico-ílticas con cuarzo	
519-Te-17	Castellote	Arcillas limosas-caolíníficas con illita y cuarzo	
495-Te-18	La Cañada de Verich	Arcillas limosas-caolíníficas con illita y cuarzo	
495-Te-19	Cerollera	Arcillas caolíníficas con illita y cuarzo	
544-Te-20	Tronchón	Arcillas limosas con caolinita, illita y cuarzo	

3.1.2. Formación Longares

Aflora en un amplio área situada al SO y SE de Zaragoza, quedando delimitada al N y NE por el río Ebro, al O por el río Huerva y las calizas de la Muela y al SO por los afloramientos jurásicos de Mezalocha. Sobre esta formación, de edad miocena, se disponen los Yesos de Mediana, restringiendo la superficie aflorante de aquella a dos áreas separadas entre sí: el área de Muel al O y el Miembro Codo al E.

El sector occidental se caracteriza por la presencia de facies conglomeráticas de borde asociadas a los afloramientos calcáreos jurásicos. Aquellos evolucionan lateralmente hacia arenis-

cas y margas (Margas de Muel) y a techo hacia margas y calizas que coronan las series más finas.

Las «Margas Rojas de Muel» son un conjunto margo-arcilloso que tiene un espesor aproximado de 100 metros con esporádicas intercalaciones más arcillosas y niveles de yeso hacia el E. La mineralogía de la fracción arcillosa es íltica, apareciendo caolinita como accesoria, e indicios de clorita e interestratificados. En la fracción >20 μ aparecen como accesorios cuarzo, calcita, dolomita y trazas de feldespatos (tabla VI). En esta formación existe un notable número de explotaciones activas, cuya producción va diri-

TABLA V

FORMACION SARIÑENA: Análisis Químicos, Resumen de los análisis granulométricos (fracciones <1/16 y <1/256 mm.) y Mineralogía del polvo total y fracción <20 µ en %. PPC, Pérdida en peso por calcinación; Fl, Filosilicatos; Q, Cuarzo; Ca, Calcita; Do, Dolomita; Ft, Feldespatos; Y, Yeso; I, Iilita; K, Caolinita; Pk, Paligorskita; Sp, Sepiolita; Cl, Clorita; Es, Esmectita; Ve, Vermiculita; Int., Interestratificados

Número muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	PPC	% < 1/16	% < 1/256
387-HU-39	53,01	22,57	5,86	1,22	1,16	2,90	4,78	0,24	7,50	98	52
387-HU-40	52,49	23,02	7,76	1,17	0,64	3,53	5,00	0,39	8,08	99	77
357-HU-41	52,38	26,67	6,05	1,27	0,17	1,69	4,23	0,82	7,19	95	76
357-HU-42	46,65	18,74	5,26	1,17	11,84	2,30	2,99	0,27	12,21	95	48
324-HU-43	44,88	17,81	5,83	0,97	11,57	1,97	3,33	0,69	13,83	99	32
325-HU-44	37,41	17,38	6,74	0,97	13,75	2,30	2,98	0,44	18,37	93	58
326-HU-45	50,27	19,23	6,25	1,25	6,53	2,30	3,18	0,01	10,71	97	40
286-HU-46	45,00	7,84	4,35	0,93	21,41	1,33	1,53	inap.	18,35	92	25
248-HU-47	48,15	20,42	6,81	1,35	6,97	2,49	3,46	0,43	8,77	99	66
248-HU-48	36,99	12,50	4,39	0,85	21,73	2,30	2,17	0,11	18,84	96	58
284-Z-49	39,39	15,94	5,29	0,67	18,42	1,97	2,55	0,30	15,01	99	68

TABLA V (Continuación)

Número muestra	Fl	Q	Ca	Do	Ft	Y	I	K	Cl	Es	Ve	Int.
387-HU-39	80	20			tr.	tr.	60	20	20			tr.
387-HU-40	95	5			tr.		70	15	10	<5		tr.
357-HU-41	90	10	tr.		tr.		70	15	10			tr.
357-HU-42	60	10	30	tr.	tr.		70	20	10			tr.
324-HU-43	50	15	35	tr.	tr.		60	20	20			tr.
325-HU-44	65	5	30		tr.		55	20	20			tr.
326-HU-45	70	15	15				50	25	20	tr.		tr.
286-HU-46	30	15	55				70	15	5		5	tr.
248-HU-47	75	10	15		tr.		50	25	20			tr.
248-HU-48	65	5	30		tr.		70	20	10			tr.
284-Z-49	70	5	25				70	15	15			tr.

gida a la fabricación de cerámica de construcción, alfarería y cementos. Se han detectado margas sepiolíticas como relleno de algunas fracturas en esta formación en el área de Mezalocha (Zaragoza). PINILLA (1968a) cita la presencia de sepiolita y paligorskita en la matriz arcillosa de los conglomerados basales.

El Miembro Codo aflora en el triángulo ocupado por las localidades de Codo, Fuentes de Ebro y Quinto, en la provincia de Zaragoza.

Litológicamente se trata de arcillas y margas rojizas con frecuentes intercalaciones de niveles yesíferos de la suprayacente formación de Ye-

sos de Mediana, correspondiente a las facies evaporíticas centrales de la Depresión del Ebro. Estas intercalaciones son especialmente frecuentes en el sector oeste de la formación, tendiendo a desaparecer hacia el E y hacia la base de los niveles arcillosos. En este sector las explotaciones quedan limitadas por las frecuentes intercalaciones de los yesos de Mediana.

En la fracción arcillosa el mineral principal es la illita con cantidades menores de caolinita y clorita, pudiendo aparecer esmectitas como mineral principal en algunas áreas. El cuarzo, la calcita y la dolomita se presentan como acceso-

TABLA VI

FORMACION LONGARES: Análisis Químicos, Resumen de los análisis granulométricos (fracciones <1/16 y <1/256 mm.) y Mineralogía del polvo total y fracción <20 µ, en %. PPC, Pérdida en peso por calcinación; Fl, Filosilicatos; Q, Cuarzo; Ca, Calcita; Do, Dolomita; Ft, Feldespato; Y, Yeso; I, Illita; K, Caolinita; Pk, Paligorskita; Sp, Sepiolita; Cl, Clorita; Es, Esmectita; Ve, Vermiculita; Int., Interestratificados

Número muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	PPC	% < 1/16	% < 1/256
411-Z-62	53,18	21,01	5,53	1,07	3,26	2,21	4,21	0,70	10,22	98	63
411-Z-63	57,97	16,06	5,39	1,02	2,38	2,42	4,64	inap.	9,16	95	60
411-Z-64	25,63	1,60	1,03	0,18	31,65	7,01	0,63	1,24	31,00		
411-Z-65	47,80	18,27	5,12	0,97	4,57	5,54	3,89	1,01	13,05	100	41
412-Z-66	45,83	20,82	5,62	1,15	3,92	4,58	4,49	0,26	13,32	99	48
385-Z-67	44,40	13,66	5,25	0,80	3,27	13,16	2,37	0,80	16,32	94	63
384-Z-68	45,95	16,08	5,03	0,95	10,27	3,61	3,40	0,96	13,87	99	25
412-Z-69	46,44	20,32	6,38	0,95	4,80	1,56	4,05	1,40	13,35	90	29

TABLA (VI (Continuación))

Número muestra	Fl	Q	Ca	Do	Ft	I	K	Cl	Sp	Es	Int.
411-Z-62	90	5	5	tr.	tr.	80	15	tr.			tr.
411-Z-63	85	10	5		tr.	90	5				tr.
411-Z-64	35	5	60			15			85		
411-Z-65	85	5	tr.	10	tr.	80	10	10			tr.
412-Z-66	75	5	5	15		75	15	10			tr.
385-Z-67	85	5	tr.	10	tr.	35	15	15		35	tr.
384-Z-68	50	10	30	10		65	15	10			tr.
412-Z-69	95	5		tr.	tr.	60	10	5		25	tr.

rios en la muestra total, existiendo trazas de feldespatos (tabla VI).

3.1.3. Series de transición de Tarazona

Aparecen ampliamente desarrolladas en el sector de Tarazona de Aragón (Zaragoza) y suponen el tránsito de los sedimentos de borde de la Sierra del Moncayo hacia las facies de centro de cuenca. Su edad es Mioceno Superior y presentan una notable variedad litológica, estando constituidas por alternancias de arcillas y limos rojizos con areniscas, conglomerados, margas y calizas. Los elementos detríticos se desarrollan en el área occidental, predominando los carbonatos hacia el este.

Los niveles arcillosos basales presentan como mineral principal illita con importante presencia de clorita y caolinita. GONZALEZ y GALAN (1984) citan para este área la illita y la esmectita como predominantes, acompañados de clorita, caolinita, sepiolita e interestratificados. Indicios de sepiolita y paligorskita son, asimismo, citados por PINILLA (1968a).

La composición y granulometría de estos materiales los hacen aptos para su utilización en cerámica de construcción.

3.2. DEPRESIONES INTERIORES

3.2.1. Depresión de Calatayud

La Depresión de Calatayud se presenta como

una cubeta muy alargada y estrecha, de dirección NO-SE, donde los sedimentos terciarios de relleno se distribuyen en bandas concéntricas subparalelas en torno al eje de la cuenca. En las áreas marginales aparecen sedimentos gruesos, conglomeráticos, que evolucionan lateralmente, hacia el centro de la depresión, a términos más finos: limos y limos arenosos, arcillas en menos ocasiones, facies evaporíticas de yesos en el centro y carbonatos a techo de las series.

Las facies arcillosas marginales son limos arcil-

lo-arenosos con un marcado carácter margoso hacia el N de la depresión. El mineral de la arcilla dominante en ellas es la illita, que aparece acompañada de pequeñas cantidades de caolinita y clorita en los bordes central y meridional (tabla VII) de la depresión. El contenido en carbonatos suele ser alto.

Estos materiales podrían ser utilizados en ladrillería, previa corrección de carbonatos, y como desgrasantes. El área de mejor calidad es el sector suroccidental de la depresión (provincia de Teruel).

TABLA VII

DEPRESIONES INTERIORES (ALFAMBRA-TERUEL Y CALATAYUD): Depresión de Alfambra-Teruel muestras 21 y 23, Depresión de Calatayud muestras 25 a 35. Análisis Químicos, Resumen de los análisis granulométricos (fracciones <1/16 y <1/256 mm.) y Mineralogía del polvo total y fracción <20 µ, en %. PPC, Pérdida en peso por calcinación; Fl, Filosilicatos; Q, Cuarzo; Ca, Calcita; Do, Dolomita; Ft, Feldespatos; Y, Yeso; I, Illita; K, Caolinita; Pk, Paligorskita; Sp, Sepiolita; Cl, Clorita; Es, Esmectita; Ve, Vermiculita; Int., Interestratificados.

Número muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	PPC	% < 1/16	% < 1/256
542-Te-21	52,47	22,08	6,01	0,85	0,49	2,47	5,86	0,36	11,07	99	95
567-Te-23	48,00	20,42	5,06	1,01	7,19	1,54	4,49	0,92	12,26	96	72
492-Te-25	60,79	18,83	4,95	1,32	0,11	1,31	5,10	0,50	7,15	97	40
409-Z-26	43,51	8,74	2,17	0,65	18,51	3,86	2,37	0,49	19,87	73	20
409-Z-27	46,96	10,45	3,68	0,73	8,60	7,33	3,78	1,56	16,21	93	30
409-Z-28											
437-Z-29											
438-Z-30	58,18	17,39	4,22	1,20	5,23	1,86	3,37	0,89	8,13	87	37
465-Z-31	55,32	21,08	4,69	1,02	5,29	1,12	3,39	0,22	8,34	90	27
492-Te-32	49,39	15,92	4,88	0,68	3,12	6,83	4,36	0,19	14,13	100	33
492-Te-34	42,59	16,36	4,60	0,92	7,97	6,20	4,36	1,47	16,68	99	49
491-Te-35	65,18	20,55	3,59	1,32	0,07	1,03	4,01	0,66	3,84	81	37

TABLA VII (Continuación)

Número muestra	Fl	Q	Ca	Do	Ft	Y	I	K	Cl	Sp	Pk	Es	Int.
542-Te-21	95	5			tr.		95	<5	tr.				tr.
567-Te-23	85	5	10	tr.	tr.		80	20					
492-Te-25	85	15					80	20					
409-Z-26	45	10	25	20	tr.		90	5	5				
409-Z-27	60	10		25	5		85	5	5				
409-Z-28	95						15	tr.		85			
437-Z-29	100						40	5				55	
438-Z-30	70	15	10		tr.		80	10	10				
465-Z-31	85	10	5				90	10					
492-Te-32	90	5		5			40	tr.	5		55		
492-Te-34	60	10		30	tr.	tr.	70	15	15				
491-Te-35	80	20			tr.		80	20					

Las facies de transición adquieren un marcado interés por la presencia de paligorskita y sepiolita, siendo esta última económicamente explotable en los sectores de Mara, Orera y Ruesca (Zaragoza). La sepiolita aparece en una unidad que, por sus frecuentes cambios laterales de facies, es relativamente compleja. Esta unidad está formada por alternancias de margas y limos margosos blancos entre los que se intercalan niveles de arcillas verdosas, sepiolíticas y niveles de sílex. A techo, y como cobertera, encontramos restos de glaciis formados por conglomerados silíceos con matriz limosa roja.

La paligorskita aparece acompañada por illita, como minerales principales, y clorita y caolinita como accesorios, en una unidad de edad Oligoceno Superior-Mioceno Inferior aflorante en el área de Barrachina (Teruel). La serie está formada por alternancias calcomargosas blanquecinas y niveles margosos verdosos con intercalaciones de delgados niveles de lignito y nódulos de sílex.

Los tramos arcillosos intercalados entre los potentes niveles calcáreos de las facies centrales presentan una composición esmectítico-ilitica, con caolinita como accesorio. Su poca potencia y los problemas de coberteras harían difícil su explotación.

3.2.2. Depresión de Alfambra-Teruel

La Depresión de Alfambra-Teruel es una semifosa notablemente asimétrica cuyo borde occidental es relativamente pasivo, mientras que el oriental aparece afectado por importantes fracturas. El relleno terciario recubre y se acuña sobre el Mesozoico.

Nuestra atención se ha centrado en dos áreas notablemente diferentes:

* Sinclinal de Aguatón:

Esta estructura, con directriz netamente ibérica, aflora en el flanco NO de la depresión y afecta a materiales de edad Jurásico a Eoceno, rellenándose posteriormente durante el Oligoceno-Mioceno. El Oligoceno Medio-Superior está representado por un conjunto de arcillas verdes y rojas con calizas dismicríticas y biomicríticas hacia el techo. Mineralógicamente, son illitas muy puras con muy pe-

queñas proporciones de caolinita y trazas de clorita (tabla VII). Estos materiales son aptos para ladrillería, si bien no existe en la actualidad ninguna explotación. El Mioceno se dispone discordante y está formado por limos rojos íliticos, areniscas y conglomerados.

* Mioceno Plioceno Inferior del sector central de la depresión:

El área, tectónicamente compleja, se encuentra situada entre la Falla de Teruel y el bloque del Cerro de los Mansueto, apareciendo intensamente fracturada y relacionada con fenómenos diapíricos. La formación estudiada queda separada mediante fractura de los Yesos de los Aljézares. Está constituida por conglomerados de cantos calizos, areniscas, limolitas y arcillas rojas de edad Mioceno-Plioceno Inferior, con diversos cambios laterales hacia facies carbonatadas y yesíferas. Los niveles arcillosos son intensamente explotados en los alrededores de Teruel. El componente principal de las mismas es la illita, presentando cantidades significativas de caolinita, con cuarzo y calcita como accesorios en el polvo total. Su explotación se destina a la fabricación de mezclas para ladrillería y alfarería (tabla VII).

3.3. DEPRESION DE ALMAZAN

Los materiales estudiados en el sector aragonés de la Depresión de Almazán corresponden a dos grupos netamente diferentes:

* Alternancias de limos rojos calcáreos, margas rojizas y areniscas (Unidad detrítica inferior miocena):

El mineral principal en la fracción arcilla es la illita, siendo accesoria la caolinita. Presentan un alto contenido en cuarzo y carbonatos, mientras que la presencia de feldespatos es baja. Su uso queda altamente restringido por su contenido en carbonatos y su granulometría.

* Unidad margo-arcillosa de Bortalba:

Sobre la unidad detrítica anterior se dispone, en el área norte de la depresión, un conjunto constituido por margas pardoamarillentas,

margas arenosas, areniscas y margas y calizas hacia el techo. En el área de Bordalba los niveles calcomargosos y las capas de arcillas describen, de muro a techo, la siguiente secuencia, que se repite numerosas veces:

* Arcillas y margas marrones

- * Arcillas y margas arcillosas verde oliva
- * Margas blancas
- * Calizas tobáceas muy recristalizadas.

Los minerales de la arcilla dominante (en el área de Bordalba) son la paligorskita y la illita, existiendo trazas de caolinita (tabla VIII).

TABLA VIII

DEPRESION DE ALMAZAN: Análisis Químicos, Resumen de los análisis granulométricos (fracciones <1/16 y <1/256 mm.) y Mineralogía del polvo total y fracción <20 µ, en %. PPC, Pérdida en peso por calcinación; Fl, Filosilicatos; Q, Cuarzo; Ca, Calcita; Do, Dolomita; Ft, Feldespatos; Y, Yeso; I, Illita; K, Caolinita; Pk, Paligorskita; Sp, Sepiolita; Cl, Clorita; Es, Esmeclita; Ve, Vermiculita; Int., Interestratificados

Número muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	PPC	% < 1/16	% < 1/256
408-Z-75	27,97	11,22	2,46	0,48	18,68	10,46	1,76	0,47	26,61	99	56
408-Z-76	52,42	18,42	6,59	1,20	2,38	3,01	5,17	0,09	9,89	100	90
408-Z-77	43,54	16,49	5,25	1,22	6,24	5,40	4,53	0,08	17,28	100	92
408-Z-78	34,74	12,02	3,99	0,83	11,55	8,32	3,35	0,09	23,63	100	88
408-Z-79	55,44	16,07	5,67	1,17	1,07	4,18	4,48	0,16	10,53	85	90
408-Z-80	55,31	19,22	7,12	1,57	0,90	2,63	5,45	0,10	7,73	100	78
408-Z-81	53,75	18,52	6,29	1,58	1,25	3,66	5,19	0,18	9,55	100	76
408-Z-82											
408-Z-83											
408-Z-84											
408-Z-85											
408-Z-86											
408-Z-87											
408-Z-88	54,72	23,35	5,21	1,76	0,65	1,79	5,17	0,13	6,27	100	66
408-Z-90	45,78	16,24	5,37	1,39	5,98	5,04	4,32	0,24	14,14	100	76

TABLA VIII (Continuación)

Número muestra	Fl	Q	Ca	Do	Ft	I	K	Pk	Int.
408-Z-75	60	tr.	5	30	tr.	20		75	tr.
408-Z-76	95	5				40	tr.	60	
408-Z-77	75	5		20	tr.	50	tr.	50	tr.
408-Z-78	50	tr.	tr.	45	tr.	50	tr.	50	tr.
408-Z-79	90	tr.		tr.	5	10		90	tr.
408-Z-80	95	5			tr.	45	tr.	55	
408-Z-81	90	5			5	45	tr.	55	tr.
408-Z-82	55			45		15		85	
408-Z-83	35	30	10	25		50		50	
408-Z-84	85	5	10			40		60	
408-Z-85	90	5		5		15		85	
408-Z-86	70	5	tr.	25		45		55	
408-Z-87	60	5		35		25		75	
408-Z-88	90	10			tr.	95			tr.
408-Z-90	80	5	tr.	15	tr.	45		55	tr.

TABLA IX

CORDILLERA IBERICA: Facies Weald muestras 2 a 4, Formaciones Escucha y Arenas de Utrillas muestras 6 a 20. Análisis Químicos, Resumen de los análisis granulométricos (fracciones <1/16 y <1/256 mm.) y Mineralogía del polvo total y fracción <20 µ, en %. PPC, Pérdida en peso por calcinación; Fl, Filosilicatos; Q, Cuarzo; Ca, Calcita; Do, Dolomita; Ft, Feldespatos; Y, Yeso; I, Illita; K, Caolinita; Pk, Paligorskita; Sp, Sepiolita; Cl, Clorita; Es, Esmeclita; Ve, Vermiculita; Int., Interestratificados

Número muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	PPC	% < 1/16	% < 1/256
542-Te-2	59,17	20,12	6,18	1,10	0,55	1,31	4,24	0,27	6,96	98	43
543-Te-3	64,24	18,78	5,12	1,18	1,36	1,67	3,43	0,31	4,33	99	33
543-Te-4	59,16	23,99	3,25	1,13	0,45	0,71	4,22	0,03	6,68	85	20
543-Te-89	65,84	17,38	5,26	1,86	0,54	1,04	3,07	0,10	4,38	17	4
493-Te-6	69,90	17,54	1,34	1,20	inap.	0,20	1,60	0,61	7,47	83	35
493-Te-7	46,97	31,72	2,22	1,27	0,22	0,60	3,20	0,26	13,47	99	99
493-Te-8	59,98	24,76	1,83	1,23	0,08	0,46	2,88	inap.	7,75	99	41
518-Te-9	65,57	16,51	5,28	1,22	0,56	0,50	2,64	0,15	6,86	90	27
493-Te-10	61,70	22,95	1,20	1,70	0,08	0,20	1,34	3,54	7,94	98	60
493-Te-11	55,64	23,31	1,49	1,37	0,15	0,50	2,48	0,30	10,50	99	80
493-Te-12	55,36	21,40	4,49	1,17	0,28	0,48	2,04	0,26	13,70	96	33
519-Te-13	57,97	25,09	0,41	1,25	0,32	0,55	2,16	0,51	11,03	99	64
494-Te-15	69,47	20,36	0,59	1,38	inap.	0,28	1,83	2,01	4,46	92	43
494-Te-16	59,36	23,42	1,10	1,25	inap.	0,66	2,53	4,48	8,19	97	59
519-Te-17	50,18	26,75	1,86	1,13	1,73	0,83	2,78	0,09	14,48	98	81
495-Te-18	53,29	25,56	5,31	2,62	inap.	0,23	1,61	0,26	11,64	91	61
495-Te-19	51,64	25,31	3,63	1,30	0,95	1,29	2,71	inap.	13,81	98	85
544-Te-20	56,08	23,91	5,83	1,23	0,15	0,66	3,21	0,05	8,35	94	51

TABLA X (Continuación)

Número muestra	Fl	Q	Ca	Do	Ft	I	K	Cl	Es	Ve	Int.
542-Te-2	90	10		tr.	tr.	60	40			tr.	
543-Te-3	80	20			tr.	50	35	15			tr.
543-Te-4	80	15	tr.		tr.	65	35	tr.			tr.
543-Te-89	50	30			20	55	45				
493-Te-6	65	35				25	70			tr.	tr.
493-Te-7	95	5				20	75			<5	
493-Te-8	80	20			tr.	50	50			tr.	tr.
518-Te-9	65	30	tr.		5	50	50			tr.	tr.
493-Te-10	80	20			tr.	15	85			tr.	
493-Te-11	90	10			tr.	45	55			tr.	tr.
493-Te-12	80	20			tr.	35	65			tr.	tr.
519-Te-13	85	15			tr.	15	85		tr.		
494-Te-15	70	30			tr.	30	70			tr.	tr.
494-Te-16	80	15			<5	40	60			<5	tr.
519-Te-17	90	10			tr.	30	65			<5	tr.
495-Te-18	85	15					95			5	tr.
495-Te-19	80	15		5		35	65			tr.	tr.
544-Te-20	80	20			tr.	50	50			tr.	tr.

Los ensayos realizados sobre muestras seleccionadas con contenidos medios-altos en paligorskita proporcionan valores de absorción en agua (tabla X) inferiores en un 30 por 100 a la absorción en agua de paligorskitas comerciales, obteniéndose valores aceptables en la absorción en aceite, a la vez que presentan una rápida degradación del granulado y lodificación, por lo que podrían ensayarse como absorbentes industriales en procesos de contacto. En los ensayos realizados para su aplicación a lodos de perforación (tabla XI) los rendimientos obtenidos han sido inferiores a los exigidos por las normas A. P. I. (viscosidad aparente 15 cps, con un 5 por 100 de arcilla), por lo que, en principio, hay que descartar su posible aplicación dentro de este campo.

TABLA X

Capacidad de absorción en agua y aceite según norma Westinghouse de muestras de la unidad margoarcillosa de Bordalba.

Número muestra	Capacidad de absorción	
	Agua	Aceite
408-Z-76	73	62
408-Z-79	61	50
408-Z-80	74	66
408-Z-85	70	52,5

TABLA XI

Viscosidad aparente (centipoises) de muestras de la unidad margo-arcillosa de Bordalba

Número muestra	Concentración	
	6 %	12 %
408-Z-76	6-7	10-11
408-Z-84	3-4	6-7
408-Z-85	4-5	14

Como dato complementario se han calculado las capacidades de cambio en cinco de las muestras recogidas en el área de Bordalba con proporciones importantes de paligorskita, obteniéndose los siguientes resultados:

408-Z-76	39,2 meq/100 gr.
408-Z-78	16,54 meq/100 gr.
408-Z-79	14,85 meq/100 gr.
408-Z-80	13,36 meq/100 gr.
408-Z-81	13,38 meq/100 gr.

Estos valores pueden considerarse normales dentro de los rangos en que se mueven estos minerales (CAILLERE et al., 1982), estando evidentemente influenciados por los contenidos en ilitas que presentan.

3.4. CORDILLERA IBERICA

3.4.1. Keuper

El Keuper aparece, en general, asociado a las grandes estructuras compresivas de la Cordillera Ibérica, en la que actúa como nivel de despeque entre el zócalo hercínico y la cobertera mesozoica. Los afloramientos, frecuentemente tectonizados, se centran en el borde oriental de las depresiones de Calatayud y Teruel, Sierras de Albarracín y Javalambre y cabalgamiento de Montalbán-Ejulve. En este último lugar, los materiales muestreados resultan ser arcillas iliticas con indicios de clorita y caolinita y presencia de calcita y aragonito.

CABALLERO y LOPEZ AGUAYO (1972) citan, para los materiales del Keuper Inferior, una mineralogía ilitica dominante, con cantidades menores de clorita, interestratificados, y posible presencia de caolinita. En el Keuper Medio es significativo el aumento de los minerales interestratificados en detrimento de la ilita, apareciendo aquéllos en cantidades mayores en el Keuper Superior, acompañados de clorita y caolinita y en ciertos casos de esmectitas.

Las arcillas del Keuper son, potencialmente, utilizables en cerámica de construcción, si bien el problema que presentan estos materiales es que se encuentran generalmente mezcladas con yesos, lo que, sumado a su complejidad estructural, hace difícil delimitar áreas explotables.

3.4.2. Facies Weald

Los tramos basales del Cretácico en facies Weald sólo se presentan bien desarrollados en la provincia de Teruel, distinguiéndose dos áreas prin-

cipales, netamente distintas en cuanto al origen y composición de los depósitos: Cuencas de Alarcón y Miravete.

La primera de ellas presenta un marcado carácter marino en los sedimentos, con escasa presencia de materiales detríticos finos y sin interés por tanto para fines industriales.

Los materiales de la Cuenca de Miravete, de edad Hauteriviense-Barremiense, se distribuyen en tres unidades que, de muro a techo, son:

- * Unidad detrítica con areniscas y arcillas, presentando su máximo espesor en el área de Mora de Rubielos.
- * Unidad detrítico calcárea, discordante sobre la anterior y formada por calizas, margas, arcilla, areniscas y conglomerados.
- * Unidad detrítica con areniscas lentejonares blancas y arcillas y limos de color rojo granate.

En las muestras recogidas en esta última unidad (tabla IX) la fracción limo es mayoritaria, siendo el contenido en arcilla de bajo a medio. Los filosilicatos son los minerales mayoritarios, acompañados por pequeñas proporciones de cuarzo e indicios de feldspatos y carbonatos, se encuentran representados por ilita, menores proporciones de caolinita y pequeñas cantidades de clorita.

LOPEZ AGUAYO et al. (1973) encuentran, para la «Región Levantina», que en los niveles arcillosos el mineral principal es la ilita, siendo la caolinita secundaria en importancia. Sin embargo, en los niveles arenosos, la relación ilita/caolinita se invierte.

Las facies Weald presentan un alto potencial en limos arcillosos ilitico-caoliniticos. Los ensayos tecnológicos realizados en estos materiales para las áreas de Galve, Mora de Rubielos y Aguilar de Alfambra, con el fin de conocer sus posibles usos cerámicos, reflejan los siguientes límites de Atterberg:

- * Límite líquido 29
- * Límite plástico 17
- * Índice de plasticidad 12

La plasticidad es moderada como corresponde a su tamaño de grano, coincidiendo con la tónica general de estos materiales (IGME, 1980a y b, 1981a y b y 1983).

Los ensayos de cocción (realizados cada 50° C, desde 700 a 1.300° C) indican que la pérdida en peso se sitúa en torno al 4 por 100, no observándose eflorescencias. Los colores de cocción van del rojo (hasta 1.505° C) al marrón rojizo oscuro a muy oscuro (1.250° C).

En el diagrama de Contracción Lineal-Absorción de agua-Temperatura (fig. 2) puede observarse un buen comportamiento de la muestra, mostrando un descenso gradual de la absorción y aumento de la contracción. La temperatura de gresificación se establece en torno a 1.150° C.

Estos ensayos indican que estos materiales son aptos como aditivos, fundentes y desgrasantes en pasta de gres rojo y semigres, así como mezcla para pasta de pavimentos y revestimientos cerámicos porosos. En la actualidad son explotadas en un único punto (Galve, Teruel), destinándose la producción a industrias cerámicas levantinas.

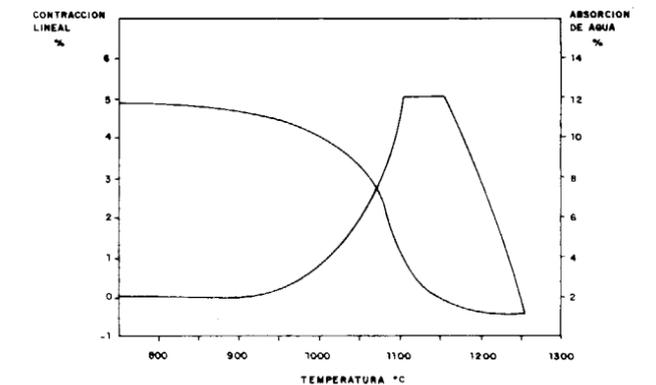


Figura 2.—Diagrama de contracción lineal-absorción de agua-temperatura construido a partir de los ensayos realizados a muestras de la facies Weald.

3.4.3. Formaciones Lignitos de Escucha y Arenas de Utrillas

La sedimentación del Cretácico Inferior concluye, en la parte meridional de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, con dos formaciones detríticas: Lignitos de Escucha y Arenas de Utrillas.

La Formación Lignitos de Escucha viene definida por potentes tramos de arcillas, arcillas limosas,

limos arcillosos y margas negras, pardas o grises, con horizontes de lignito que alternan con tramos menos potentes de areniscas calcáreas o ferruginosas y arenas. Se han delimitado tres cuencas separadas por umbrales: Aliaga-Utrillas, Esteruel-Ariño y Castellote (PARDO et al., 1977). A techo, mediante disconformidad, se sitúa la Formación Arenas de Utrillas. Esta consiste en una serie de evolución granocreciente, integrada por un conjunto de secuencias granodecrecientes. Estas secuencias constan de tres tramos: el inferior constituido por arenas, el medio por arenas y arcillas y el superior por arcillas oscuras seguidas de arcillas con intercalaciones de arenas. Las arenas son, localmente, caoliníferas. Se depositó en las cuencas descritas para la Formación Escucha, presentando su máximo desarrollo en el área de Utrillas.

El tamaño de grano de las muestras recogidas oscila entre términos arcillosos muy puros y limos arcillosos (excluyendo las arenas caoliníferas). El análisis mineralógico muestra la presencia de cuarzo en proporciones variables (del 5 al 35 por 100), existiendo trazas de feldespatos en la mayoría de las muestras y, en casos aislados, calcita y dolomita. La mineralogía de la fracción arcilla en las tres cuencas citadas es caolinítico-ilítica, existiendo un neto predominio de caolinita sobre ilita en las muestras de las cuencas de Castellote y Esteruel-Ariño. Hay también trazas de vermiculita e interestratificados (tabla IX).

PARDO (1979) observa mayores relaciones caolinita/ilita en la fracción arcillosa de las arenas. En las lutitas, esta relación es 1/2 para la Formación Escucha y superior para la Formación Utrillas (2/2 ó 3/2).

En el área oriental, el tramo superior arcilloso de la Formación Utrillas es predominantemente caolinítico.

Estas asociaciones de filosilicatos se han justificado por las condiciones de meteorización de carácter tropical que tuvieron lugar en el Cretácico Inferior originando facies siderolíticas (LOPEZ AGUAYO et al., 1973).

Las muestras estudiadas de la Formación Utrillas se pueden englobar, según sus características mineralógicas y químicas (tabla IX), en dos grupos:

- * Arcillas caolinítico-ilíticas, con contenidos medios-altos en Al_2O_3 y bajos en Fe_2O_3 , exentos de carbonatos, que pueden ser utilizados como pastas de pavimento y revestimiento, con rango de cocción condicionado por el contenido en ilita; refractarios silicoaluminosos y fabricación de klinker de cemento aluminoso.
- * Arcillas ilítico-caoliníticas, con Fe_2O_3 alto, con porcentajes de cuarzo variables y de carbonatos bajos o nulos, utilizables en la fabricación de pasta para pavimentos y revestimientos cerámicos porosos, o para semigrés o gres rojo.

Pueden realizarse mezclas entre ambos tipos, o con otros fundentes, para su uso en ladrillería. El contenido en materia carbonosa puede suponer ahorro energético.

Los depósitos de arenas caoliníferas presentes, esencialmente, en la Formación Arenas de Utrillas no han sido objeto de especial atención en este estudio por considerarlos suficientemente tratados en anteriores trabajos (GALAN HUERTOS, 1972; IGME, 1976).

El contenido en caolín de estas arenas varía notablemente de un punto a otro, siendo económicamente rentable su extracción para contenidos superiores al 18 por 100. Asimismo son factores condicionantes el grado de blancura, granulometría, etc... La separación del caolín se realiza por vía húmeda mediante lavado de las arenas, las cuales son asimismo beneficiadas.

En el IGME (1976) se realizó un estudio detallado sobre los principales cuerpos arenosos susceptibles de explotación, en diferentes puntos de la Cordillera Ibérica, definiendo leyes, calidades, usos, reservas... Las áreas potencialmente más interesantes corresponden a Riodeva (Teruel) y Alhama de Aragón (Zaragoza), con caolines de grado cerámico y papelero. Menor interés presentan las áreas de Gargallo, Esteruel, Castel de Cabra y Cortes de Aragón (Teruel), donde pueden obtenerse caolines utilizables como refractarios.

4. CONCLUSIONES

Dada la amplitud del presente trabajo, los resultados pueden ser considerados como un pri-

mer intento de tipificación, con fines industriales, de las formaciones arcillosas de Aragón.

Se puede considerar, sin duda, que el mayor potencial arcilloso que existe en Aragón se sitúa dentro del campo de las arcillas comunes. Así, en las depresiones del Ebro, Calatayud, Almazán y Alfambra-Teruel los materiales encontrados son fundamentalmente ilíticos, lo que los hace, potencialmente, utilizables como material en construcción (ladrillería) y alfarería. Actualmente se destinan a dichos usos la mayor parte de los materiales extraídos en esta Comunidad.

Desde el punto de vista de las arcillas especiales hay que citar, en la Depresión de Calatayud, además del importante yacimiento de sepiolita situado en Mara, la existencia de otros indicios en las áreas de Navarrete, Barrachina, Fuentes de Jiloca por lo que parece interesante realizar estudios más profundos en esta depresión.

En el área de Bortalba (Depresión de Almazán) se ha puesto de manifiesto la presencia de concentraciones importantes de paligorskita, si bien la evaluación de la rentabilidad económica de dichas arcillas requiere la realización de trabajos de detalle en dicha zona.

Dentro del capítulo de arcillas y arenas caoliníferas se puede considerar que la información existente en la actualidad es amplia; sería muy interesante, sin embargo, evaluar las posibilidades de aprovechamiento de las arcillas presentes en el estéril de las explotaciones de lignitos de la formación Arenas de Utrillas acumuladas actualmente en escombreras con grave impacto ambiental.

BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, J. J., y GALVAN, J. (1961): *Nota sobre la existencia de sepiolita en las cuencas del Duero y del Ebro*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., 59, 167-172.
- CABALLERO, M. A., y LOPEZ AGUAYO, F. (1972): *Ambientes genéticos de los minerales de la arcilla en cuencas sedimentarias triásicas y wealdenses españolas*. VI Reunión Nac. de Sedimentología, Granada.
- CABALLERO, M. A., and MARTIN VIVALDI, J. L. (1972): *Distribution of Clay Minerals in the Spanish Triassic Sedimentary basins*. Proceedings 1972 International Clay Conference.
- CAILLERE, S.; HENIN, S., y RAUTUREAU, M. (1982): *Mineralogie des argiles*. Masson, París.

GALAN, E. (1972): *Caolines españoles: Geología, mineralogía y génesis*. Tesis doctoral. Fac. de Ciencias. Univ. Complutense de Madrid.

GONZALEZ, I., y GALAN, E. (1984): *Mineralogía de los materiales terciarios del área de Tarazona, Borja-Ablitas (Depresión del Ebro)*. Estudios Geológicos, vol. 40, 115-128.

HUERTAS, F.; LINARES, J., y MARTIN VIVALDI, J. L. (1974): *Minerales fibrosos de la arcilla en cuencas sedimentarias españolas. II. Cuencas del Guadalquivir, Ebro y Depresión de Granada. Conclusiones prácticas*. Est. Geol., 30, 359-366.

IGME (1976): *Proyecto de investigación de las formaciones caoliníferas en la Cordillera Ibérica*.

IGME (1980a): *Estudio previo de las arcillas de Levante*.

IGME (1980b): *Exploración y caracterización de sustancias industriales que producen ahorro energético en las industrias cerámicas*.

IGME (1981a): *Estimación del potencial de arcillas para la fabricación de tejas y ladrillos*.

IGME (1981b): *Mapa Geológico de España. E. 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hojas 39 (Sigüenza), 40 (Daroca) y 41 (Tortosa)*.

IGME (1983): *Investigación de arcillas en Levante*.

IGME (1986): *Posibilidades de arcillas especiales en Aragón. Primera fase*.

LOPEZ AGUAYO, F., y MARTIN VIVALDI, J. L. (1973a): *Mineralogía de las arcillas de la facies wealdense española. I. Antecedentes, métodos y materiales*. Estudios Geológicos, vol. XXIX, 389-396.

LOPEZ AGUAYO, F., y MARTIN VIVALDI, J. L. (1973b): *Mineralogía de las arcillas de la facies wealdense española. II. Cuencas Norte Levantina y Bética*. Estudios Geológicos, vol. XXIX, 397-412.

LOPEZ AGUAYO, F., y MARTIN VIVALDI, J. L. (1973c): *Mineralogía de las arcillas de la facies wealdense española. III. Cuenca Asturiana, discusión y conclusiones*. Estudios Geológicos, vol. XXIX, 413-437.

PARDO, G. (1979): *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones detriticas del Cretácico Inferior terminal del Bajo Aragón*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza.

PARDO, G., y VILLENA, J. (1977): *Estudio sedimentológico de las «Arenas de Utrillas» en las cuencas de Utrillas y Esteruel (prov. de Teruel)*. Com. del VIII Congr. Nac. de Sedimentología.

PINILLA, A. (1968a): *Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la Cuenca terciaria del Ebro*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., 66, núm. 3, 207-218.

PINILLA, A. (1968b): *Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la Cuenca Terciaria del Ebro. II. Localización de las muestras y análisis mecánico*. Anal. Edaf. y Agrob., 27, 547-562.

PINILLA, A., y ALONSO, J. J. (1969): *Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca terciaria del Valle del Ebro. V. Análisis de las arcillas con microscopio electrónico*. Anal. Edaf. y Agrob., 28, 895-906.

PINILLA, A., y CATALAN, J. (1970): *Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca terciaria del Valle del Ebro. Análisis químicos*. Anal. Edaf. y Agrobiol., 29, 957-972.

PINILLA, A., y PEREZ MATEOS, J. (1968): *Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca terciaria del Valle del Ebro. III. Mineralogía de las fracciones gruesas de los sedimentos*. Anal. Edaf. y Agrobiol., 27, 593-617.

PINILLA, A., y PEREZ MATEOS, J. (1969): *Estudio petrográfico de las rocas de origen de los materiales sedimen-*

tarios de la cuenca terciaria del Ebro (Zona aragonesa). Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., 67, 403-419.

PINILLA, A., y RIBA, O. (1972): *Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca terciaria del Valle del Ebro. VII. Resumen y visión sedimentológica del conjunto*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., 70, 97-106.

QUIRANTES PUERTAS, J. (1969): *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros*. Tesis doctoral. Instituto «Fernando el Católico».

VILLENA, J.; LOPEZ AGUAYO, F.; PARDO, G.; PEREZ, A.; MUÑOZ, A.; GONZALEZ MARTINEZ, J.; GONZALEZ LOPEZ, J. M., y FERNANDEZ NIETO, C. (1987): *Clay Mineralogy in Tectosedimentary Analysis of Southern Sector of Tertiary Ebro Basin (Spain)*. Proceeding the Sixth Meeting of the European Clay Groups, Sevilla.

Original recibido: Septiembre de 1989.

Original aceptado: Octubre de 1989.