

Arcillas cerámicas de Andalucía

VIII. Yacimientos terciarios de la Campiña y Costa Occidental de la provincia de Cádiz

G. GARCIA RAMOS

y

F. GONZALEZ GARCIA

Sección de Silicatos del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto
y Facultad de Ciencias. Universidad de Sevilla.

RESUMEN

Se estudian 25 muestras de arcilla de interés cerámico procedentes de varios yacimientos en explotación situados en terrenos terciarios de la zona de Jerez de la Frontera y Bahía de Cádiz.

Las técnicas empleadas han sido las siguientes: Análisis químico, capacidad de cambio, análisis térmico ponderal y diferencial, diagramas de difracción de rayos X, análisis mecánico, agua de moldeo, plasticidad (Riecke), porosidad, secado a 50° (diagramas de Bourry), contracción por calcinación, densidad real y aparente y resistencia a la compresión en probetas calcinadas a 900° C.

Se desprende que las arcillas son de naturaleza montmorillonítica, con caolinita, cuarzo e ilita, como minerales secundarios y óxidos de hierro y aluminio en varios grados de hidratación, con una ligera cantidad de feldespatos, como accesorios.

Las arcillas procedentes del yacimiento de Puerto Real (Ca-33 a la Ca-37) son fundamentalmente iliticas.

Las muestras brutas contienen cantidades variables y altas de calcita en grano muy fino, cuyo tamaño no es perjudicial para el producto cocido.

Las pruebas tecnológicas indican que se trata de materiales naturales de buenas propiedades para la obtención de materiales de construcción, en especial por su alto valor de la resistencia a la compresión en los productos cocidos.

Desde el punto de vista económico, la producción de las industrias que utilizan estas arcillas es elevada, debido al gran consumo de materiales de construcción en esta provincia.

SUMMARY

Twenty five samples of clays, interesting from the ceramic point of view, from several beds located in Tertiary's regions of the country of Jerez de la Frontera and seashore between Sanlúcar de Barrameda and Chiclana de la Frontera, are investigated.

The following techniques have been used: Chemical analysis, base exchange capacity, ponderal thermal analysis, D. T. A., X-ray diffraction, mechanical analysis, moulding water, plasticity (Riecke), porosity, drying shrinkage at 50° C (Bourry's diagrams), firing shrinkage, specific gravity (true and apparent) and crushing strength in fired bodies at 900° C.

It is concluded that these clays are of montmorillonitic nature fundamentally, with kaolinite, quartz and illite as secondary minerals, and hydrated iron and aluminum oxides, with a big quantity of feldspars as accessory minerals.

The clays belonging to Puerto Real's bed (Ca-33 to Ca-37) are more illitics.

The raw materials contain variable and high quantities of fine grained calcite, not pernicious at fired bodies.

The technological tests suggest that these natural materials have good ceramic properties for making building materials, specially by their big crushing strength in fired bodies at 900° C.

From the economic side the production of the factories which use this clays is very high, because the great demand of these materials in this province.

I. Introducción

Continuando los trabajos ya publicados (1) (2) (3) (4) (5) (6) y (7), se inicia en esta comunicación el estudio de las arcillas cerámicas de Cádiz, con las procedentes de yacimientos en explotación situados en terrenos terciarios de la zona de Jerez de la Frontera y Bahía de Cádiz.

Se incluyen 25 muestras de yacimientos terciarios localizadas en Sanlúcar de Barrameda, Jerez de la Frontera, Arcos de la Frontera, Chiclana, San Fernando y Puerto Real, describiendo las propiedades fisicoquímicas y caracteres tecnológicos más importantes en orden a su mejor aplicación práctica por las industrias del ramo.

II. Yacimientos y métodos experimentales

Los yacimientos y muestras correspondientes se describen en la tabla I. Su situación se señala en los croquis de las figuras 1 y 2.

Se han realizado las siguientes determinaciones: análisis químico, capacidad de cambio, análisis térmico ponderal y diferencial, diagramas de difracción de rayos X, análisis mecánico, agua de desleimiento, plasticidad (Riecke), secado a 50° (diagramas de Bourry), porosidad, contracción por calcinación, peso específico y resistencia a la compresión en probetas calcinadas.

En las determinaciones mecánicas y fisicoquímicas se han empleado los métodos usuales en el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto (8) (9) (10) y los ensayos tecnológicos se realizaron en los laboratorios de la Sección de Silicatos de Sevilla.

TABLA I

YACIMIENTOS DE ARCILLAS CERÁMICAS DE CÁDIZ.—SEDIMENTOS TERCIARIOS DE LA CAMPIÑA Y COSTA OCCIDENTAL

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<i>Sanlúcar de Barrameda.</i> — Castillo del Espíritu Santo, 500 m. al SO de Sanlúcar, junto a la desembocadura del Guadalquivir.	Acantilados de mediano tamaño sobre la playa. Se observa un estrato arenoso, amarillento, que descansa sobre otro gris de gran espesor formado por margas azules que buzán al N Plioceno.	Ca-1. — Arcilla compacta, en bolas de hasta 10 cm. de espesor, color gris oscuro si está húmeda, con nódulos de óxido de hierro en forma de almendra. No se aprecian fósiles. Textura arcillo-limosa. Con carbonatos.	Se ha utilizado en la industria local, pero actualmente se ha prohibido su extracción por su proximidad a la zona de la playa.
<i>Sanlúcar de Barrameda.</i> —"La Dehesilla". Carretera de Chipiona, 500 metros al S de Sanlúcar. SE de la carretera, zona de tejares.	Excavaciones de hasta 5 m. extendidas a lo largo de 300 m. junto a los hornos de cuba. Oligoceno (albarizas, arcillas de diatomeas.	Ca-2. — Marga gris clara en terrones y pegajosa. Con vetas amarillas y fibras de óxido de hierro, tomada en la parte más oriental del yacimiento y a 3 m. de la superficie. Textura arcillosa. Abundantes carbonatos.	Para ladrillo macizo. Los tejares sólo trabajan en verano.
" "	" "	Ca-3. — Arcilla en bolas, más seca que la anterior, color más claro, con algún nódulo de hierro y raíces. Tomada en un pozo próximo al primer tejear. Textura arcillo-limosa. Abundantes carbonatos.	Igual que la anterior.
" "	" "	Ca-4. — Terrones grises más pequeños tomados en el tejear (de los preparados para el moldeo). Muy semejantes a la muestra Ca-1. Arcillo-limoso. Abundantes carbonatos.	" "

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<p><i>Jerez de la Frontera.</i> — “La Cardedera Grande”. Carretera vieja de El Puerto, final de la cuesta, orilla derecha del puente, a 100 m. de la carretera.</p>	<p>Nuevo corte, orientado al E, detrás de la caseta del guarda, muy próximo a la fábrica. Oligoceno (albarizas y arcillas de diatomeas).</p>	<p>Ca-5. — Masas compactas azuladas, con vetas de óxidos de hierro, que se disgregan fácilmente en láminas y prismas pequeños. Textura arcillo-limosa. Con carbonatos.</p>	<p>Empleado en fábrica moderna de ladrillo hueco.</p>
<p>” ”</p>	<p>” ”</p>	<p>Ca-6. — “Arcilla magra”. Corte situado a 100 m. al SO del anterior y que hoy no se explota. Bolas grandes que por secado adquieren una tonalidad blanca. Textura arcillo-arenosa. Carbonatos muy abundantes.</p>	<p>Hoy no se utiliza.</p>
<p><i>Jerez de la Frontera.</i> — “Cerro Frutos”. Carretera vieja de El Puerto, Km. 644, lado E, montículo entre la línea férrea y la carretera.</p>	<p>Todo el monte se explota, usando excavadoras motorizadas. Se aprecian dos clases de arcillas, una negruzca y otra más clara. Oligoceno (albarizas y arcillas de diatomeas), en contacto con un pequeño afloramiento del Trias (margas abigarradas del Keuper).</p>	<p>Ca-7. — “Arcilla gris, floja”, de aspecto uniforme. Se presenta en masas prismáticas de fractura plana. Superficies de separación entre planos, muy oscura. Textura arcillo-arenosa. Con carbonatos.</p>	<p>Materia prima empleada por las fábricas de ladrillo hueco de Jerez y Sanlúcar de Barrameda.</p>
<p>” ”</p>	<p>” ”</p>	<p>Ca-8. — “Barro blanco, fuerte”, margas amarillentas del mismo yacimiento, de aspecto menos aplanado y fractura más redondeada. Textura arcillo-limosa. Con carbonatos.</p>	<p>” ”</p>

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<p><i>Arcos de la Frontera.</i> — “Vega”. Carretera al Mesón de la Molinera. Orilla izquierda del Guadalete, frente a la fábrica de cerámica.</p>	<p>Excavación de más de 10 m. de profundidad y forma elíptica, de 150 metros de eje mayor, próxima al río. Entrada desde el E, en rampa. Areniscas del Mioceno (Burdigaliense). La cara que mira al W presenta cortes más amarillos, que se asemejan a los alberos de Alcalá de Guadaira (Sevilla).</p>	<p>Ca-9. — Arenisca en masas compactas, blanquecinas, que se disgregan fácilmente, tomadas a 10 m. de profundidad. Abundantes carbonatos.</p>	<p>Utilizada en obras y pavimentación de carreteras.</p>
<p><i>Arcos de la Frontera.</i> — “Barrero de la Junta de los Ríos”. Carretera de Paterna, kilómetro 5, carril al E después de la casilla de P. Camineros.</p>	<p>Ladera O de la loma, dando frente a la carretera. Meseta plana formada por la extracción de arcilla en la colina. Mioceno. El mapa geológico señala la proximidad del contacto con el Oligoceno (Albarizas y arcillas de diatomeas).</p>	<p>Ca-10. — Margas grises a verdosas, estructura foliácea, que a la intemperie se disgregan en gruesas hojas agrietadas, con vetas ferríferas. Tomada a 1 m. de profundidad. Textura arcillo-arenosa. Con carbonatos.</p>	<p>Materia prima en una fábrica de ladrillo hueco de Arcos.</p>
<p>” ”</p>	<p>” ”</p>	<p>Ca-11. — Marga más compacta que la anterior y más profunda. Más arcillosa también. Textura arcillo-limosa. Con carbonatos.</p>	<p>” ”</p>

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<p><i>Chiclana.</i> — “El Rosalejo”. Km. 4 de la carretera de Chiclana a Medina Sidonia, y 500 m. de carril al N.</p>	<p>Corte de más de 10 m. y 100 m. de frente, con orientación SE. Se aprecian dos tipos de roca. Una más oscura, con aspecto de marga arcillosa compacta y fractura concoidea (Ca-27) y otra más clara, que exfolia en láminas anchas que intercalan capas de yeso de varios mm. de espesor (Ca-28). Eoceno (margas del Flysch), y próximo al Trías (margas abigarradas del Keuper).</p>	<p>Ca-27. — “Barro magro oscuro del Rosalejo”. Se presenta como una caliza tosca arcillosa o una marga muy caliza gris clara, si está seca. Tomado a 7 m. de profundidad y en el centro del corte. Textura arcillo-arenosa. Con carbonatos.</p>	<p>Una de las arcillas empleadas por una fábrica de ladrillo hueco de Chiclana.</p>
<p>” ”</p>	<p>” ”</p>	<p>Ca-28. — Marga más magra y amarillenta que la anterior. Tomada a 10 m. de profundidad y 7 m. más al sur que la anterior. Presenta ligero ve-teado de óxidos de hierro. Con láminas de yeso cristalizado de hasta 0,5 centímetros de espesor. Textura arcillo-arenosa. Con carbonatos.</p>	<p>Utilizada por la misma fábrica de la muestra anterior.</p>
<p><i>Chiclana.</i> — “El Guijarro”. Carretera de Navero, kilómetro 7.</p>	<p>Se tomó la muestra en fábrica por estar interceptado el carril a causa de las lluvias. Posiblemente, Oligoceno (margas del Flysch).</p>	<p>Ca-29. — Marga azul, compacta, en grandes bloques. Es el barro más graso que la fábrica emplea. Textura arcillo-limosa. Con carbonatos.</p>	<p>Para mezclar con las dos anteriores en la misma fábrica.</p>

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<p><i>San Fernando.</i> — Cantera del Observatorio. Dentro de la ciudad, al S del Observatorio geofísico (muy próximo).</p>	<p>Una gran sima de bordes muy claros y cortes profundos en las caras sur y oeste. Al N, los desmontes se presentan escalonados. Plioceno (Astiense), calizas toscas, calizas ostioneras, arenas conchíferas, en la superficie. Las arcillas azules profundas suponemos pertenecen a otro nivel geológico.</p>	<p>Ca-30. — “Barro negro”, que aparece a partir de los 8 m. de la superficie en algunos sitios. Es por tanto, el más profundo. Color gris muy claro, tomado en el corte S del yacimiento. Textura arcillo-limosa, en partes equivalentes. Carbonatos muy abundantes.</p>	<p>Sin mezcla, para ladrillo macizo en fábrica local.</p>
<p>” ”</p>	<p>” ”</p>	<p>Ca-31. — “Barro colorado”. Tomado en la parte superior del corte anterior, a menos de 8 metros de profundidad. Es una arenisca amarillenta impregnada de vetas azules (Ca-30), con brillo de microlaminillas micáceas. Textura areno-arcillosa. Pocos carbonatos.</p>	<p>Mezclada con la anterior, para mejor calidad.</p>
<p>” ”</p>	<p>” ”</p>	<p>Ca-32. — “Barro blanco”, material más flojo. Tomado en el extremo N de la corta, a unos 8 metros de la superficie. Textura arcillo-limosa. Con carbonatos.</p>	<p>Mezclada con la Ca-30, para ladrillo hueco (diversas clases-tabique, g a f a, forjado, etc.).</p>
<p><i>Puerto Real.</i> — “Los Barreros”. Carril al E del pueblo, 1 Km. después de atravesar la vía férrea.</p>	<p>Corte de gran extensión en unas colinas que el mapa geológico señala como Triásico (Keuper), formado por margas abigarradas, yesos, areniscas y arcillas salíferas). Forma un anfiteatro de 125 m. de diámetro y unos 15 metros de potencia.</p>	<p>Ca-33. — Margas azules, compactas y plásticas que llaman “barro negro” o “pella”, tomado en un corte orientado al N. Con carbonatos. Textura arcillo-limosa.</p>	<p>Ladrillo hueco, macizo y prensado, en fábrica moderna de Puerto Real.</p>

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<p><i>Puerto Real.</i> — “Los Barreros”. Carril al E del pueblo, 1 Km. después de atravesar la vía férrea.</p>	<p>Corte de gran extensión en unas colinas que el mapa geológico señala como Triásico (Keuper), formado por margas abigarradas, yesos, areniscas y arcillas salíferas. Forma un anfiteatro de 125 m. de diámetro y unos 15 metros de potencia.</p>	<p>Ca-34. — “Barro negro acantarado”. Más fuerte que el anterior, constituido por margas azules compactas, en masas prismáticas. Cristales blancos microscópicos, con brillo. Tomada por debajo de los 4 m. Carbonatos muy abundantes. Textura areno-arcillosa.</p>	<p>Mezclada con la muestra anterior en la misma fábrica.</p>
<p>” ”</p>	<p>” ”</p>	<p>Ca-35. — Barro amarillo de cabeza, “escobijo”, más arenoso que el anterior Ca-33. Estructura migajosa, en terrones, con raicillas. Tomado en el mismo perfil de las dos muestras anteriores y a menos de 2 m. de la superficie. Con carbonatos. Textura arcillo-arenosa.</p>	<p>Para mezclar con las anteriores.</p>
<p>” ”</p>	<p>” ”</p>	<p>Ca-36. — “Barro de pella, rubio”, tomado en un perfil próximo, orientado al N y entre 0,5 y 1,5 m. de profundidad. Masas blancuzcas compactas, con fractura tabular y cierta pigmentación amarilla, muy tenue. Con carbonatos. Textura limo-arenosa.</p>	<p>Para mezclar con las anteriores.</p>

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<p><i>Puerto Real.</i> — “Los Barreros”. Carril al E del pueblo, 1 Km. después de atravesar la vía férrea.</p>	<p>Corte de gran extensión en unas colinas que el mapa geológico señala como Triásico (Keuper), formado por margas abigarradas, yesos, areniscas y arcillas salíferas). Forma un anfiteatro de 125 m. de diámetro y unos 15 metros de potencia.</p>	<p>Ca-37. — Tierra colorada de superficie (suelo). Tomada en el corte opuesto. Estructura migajosa y suelta. Textura arcillo-arenosa, color ocre. Muy pocos carbonatos.</p>	<p>No usada.</p>
<p><i>Jerez de la Frontera.</i> — Cortijo de Santa Elena, pago “Matacaldillo”. Carretera nueva de Jerez al Puerto de Santa María, kilómetro 643, carril al S y 100 m. de distancia al cortijo. El yacimiento está situado unos 100 m. al S de aquél.</p>	<p>El yacimiento ocupa una colina al S del cortijo. El mapa geológico indica que se trata de albarizas y arcillas de diatomas (Oligoceno), como toda la comarca que rodea a Jerez por el N, O, y S. Son los típicos suelos de “albarizas” sobre los que se cultivan las distintas variedades de uva que producen el vino de Jerez.</p>	<p>Ca-38. — “Barro blanco”, tomado de 2 a 3 m. de profundidad, en el corte de orientación O. Se trata de una marga de color muy claro, que exfolia en láminas planas de 10 a 15 centímetros de lado y que presenta eflorescencias negruzcas. Con carbonatos abundantes. Textura arcillo-limosa.</p>	<p>Utilizada por una fábrica del Puerto de Santa María, además de serlo por otras más de Jerez y Sanlúcar de Barrameda. Para ladrillo hueco se emplea este material sin mezclar.</p>
<p>“ ”</p>	<p>“ ”</p>	<p>Ca-39. — “Barro negro”, del mismo perfil anterior y tomado a más de 5 metros de profundidad. Marga gris oscura con fractura en grandes bloques prismáticos. Textura arcillo-limosa. Abundantes carbonatos.</p>	<p>Sin mezclar, se emplea en ladrillo hueco en la misma fábrica anterior.</p>
<p>“ ”</p>	<p>“ ”</p>	<p>Ca-40. — “Barro fuerte”, muy arcilloso, por lo que no se utiliza con fines cerámicos. Color claro, como el Ca-38, con eflorescencias de hierro y capas de limonita entre bloques.</p>	<p>No se utiliza por su excesiva plasticidad y contracción en el secado.</p>

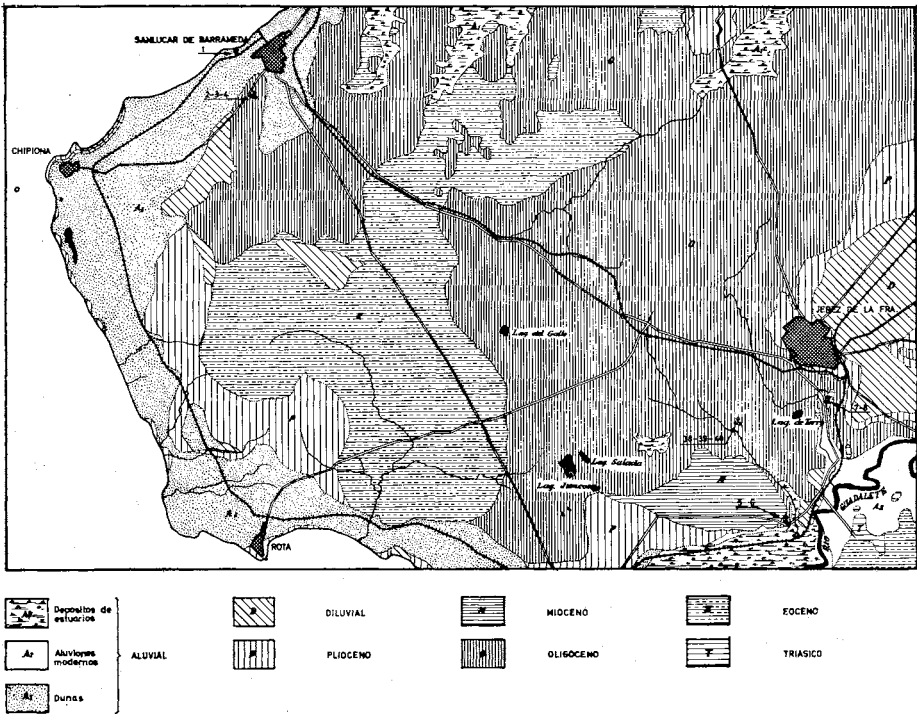


FIG. 1.—Croquis del mapa geológico de la zona en que se encuentran los materiales sedimentarios que se estudian (zona Sanlúcar-Rota-Jerez de la Frontera).

III. Datos experimentales y discusión

Los datos del análisis químico y capacidad de cambio de estos materiales se incluyen en las tablas II y III. Las figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8 muestran las curvas de deshidratación y los registros de A. T. D. y las tablas IV, V y VI, los diagramas de difracción de rayos X.

1. DETERMINACIONES FÍSICOQUÍMICAS

De los resultados del análisis químico de estas arcillas se desprende que, en general, están formadas fundamentalmente por montmorillonita, a juzgar por los valores de las razones molares $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$. Esta última oscila entre 4 y 6,50, con la excepción de las muestras núms. 4, 31, 33, 34, 35, 36 y 37 en que es inferior a 4 y las numeradas con el 28, 30 y 32 en que alcanza valores de 7,78; 7 y 8,14 respectivamente.

El valor del agua perdida a 100° es relativamente alto, superior al 8 % en doce muestras e inferior al 7 % en seis. Esto y el valor algo elevado del con-

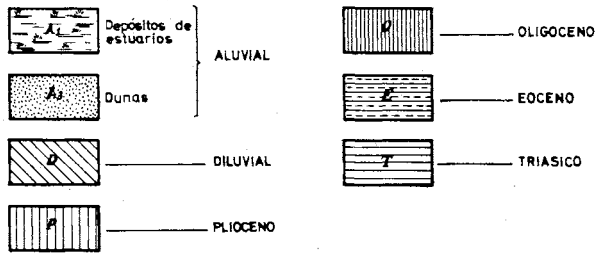
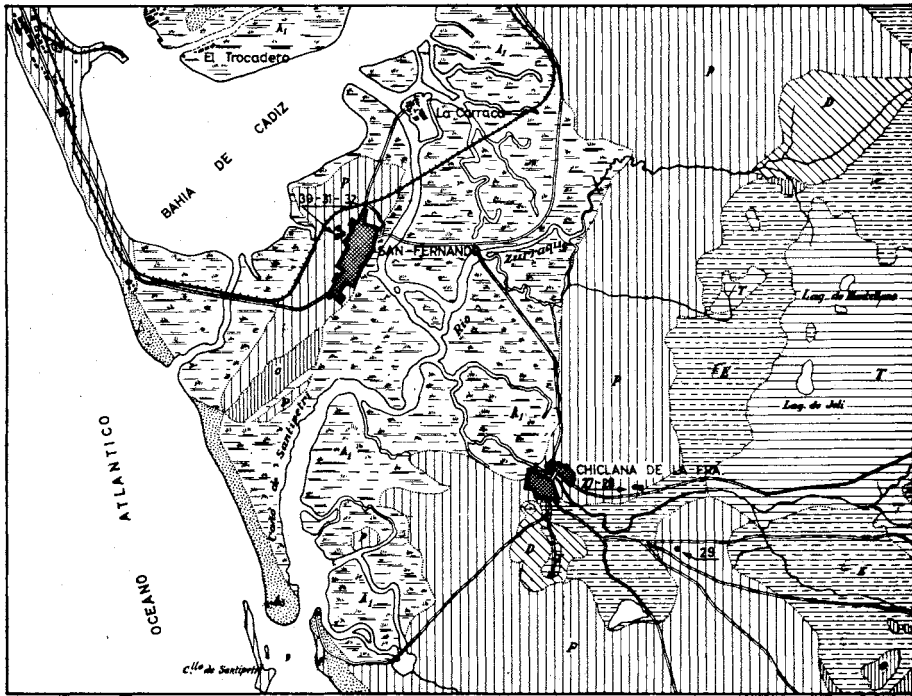


FIG. 2.—Croquis del mapa geológico de la zona en que se encuentran los materiales sedimentarios que se estudian (zona Cádiz-San Fernando-Chiclana).

tenido en magnesio, superior al 3 % en siete de ellas y comprendido entre el 2 y el 3 % en otras 16, es indicio de una moderada hasta alta proporción de minerales montmorilloníticos. El contenido en potasio es relativamente alto en gran parte de estos materiales, destacando las muestras núms. 31, 33, 34, 35, 36 y 37, con valores de 3,39; 4,63; 4,11; 3,60; 3,65 y 3,35 % respectivamente de K_2O , que indican una notable presencia de micas potásicas o de minerales ílticos.

TABLA II
ANÁLISIS QUÍMICO Y CAPACIDAD DE CAMBIO.—ARCILLAS CERÁMICAS DE CÁDIZ.—CAMPIÑA Y COSTA OCCIDENTAL

Muestra	Ca-1	Ca-2	Ca-3	Ca-4	Ca-5	Ca-6	Ca-7	Ca-8	Ca-10	Ca-11	Ca-27	Ca-28
SiO ₂	54,90	56,60	56,90	54,00	56,95	51,62	55,80	59,60	60,60	58,59	56,65	65,49
Al ₂ O ₃	22,59	21,65	19,32	24,22	20,43	20,44	24,22	18,35	16,74	19,51	20,56	14,50
Fe ₂ O ₃	6,28	5,94	6,89	5,02	5,11	5,94	3,87	5,95	6,70	7,14	6,46	6,49
TiO ₂	1,34	0,79	1,15	0,63	0,49	0,59	0,78	1,37	0,76	1,31	1,10	0,60
CaO	2,49	1,07	1,27	1,55	1,93	3,72	1,50	0,89	1,82	1,08	0,68	0,96
MgO	3,10	3,22	3,06	3,26	3,49	3,54	2,90	2,42	2,21	2,53	3,72	2,16
K ₂ O	2,69	2,47	2,20	2,59	2,43	2,32	1,96	2,22	1,62	2,87	2,75	1,81
Na ₂ O	—	0,62	0,40	0,33	—	0,34	0,43	—	—	0,21	0,24	0,16
Pérdida por calcinación	7,08	6,80	7,82	8,19	8,26	10,62	7,82	7,48	7,55	6,84	8,26	6,30
<i>Total</i>	100,47	99,16	99,01	99,79	99,09	99,13	99,28	98,28	98,00	100,08	100,42	98,47
H ₂ O	9,21	10,40	8,78	8,67	7,65	8,95	9,29	6,28	9,32	9,73	7,55	8,20
SiO ₂ /R ₂ O	3,50	3,76	4,30	3,45	4,13	3,58	3,72	4,43	5,05	4,21	3,91	6,05
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	4,13	4,47	5,01	3,82	4,75	4,30	4,04	5,42	6,31	5,11	4,70	7,78
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	22,75	31,33	22,04	30,00	31,66	21,50	46,5	24,40	25,25	24,25	23,5	27,25
Capacidad de cambio meq./100 g.	43,77	50,53	44,59	36,20	46,50	49,00	40,63	22,26	45,40	50,77	34,18	46,00

TABLA III
ANÁLISIS QUÍMICO Y CAPACIDAD DE CAMBIO.—ARCILLAS CERÁMICAS DE CÁDIZ.—CAMPIÑA Y COSTA OCCIDENTAL

Muestra	Ca-29	Ca-30	Ca-31	Ca-32	Ca-33	Ca-34	Ca-35	Ca-36	Ca-37	Ca-38	Ca-39	Ca-40
SiO ₂	55,07	63,03	49,52	68,94	50,86	49,96	49,72	48,85	45,10	62,50	60,56	57,52
Al ₂ O ₃	22,96	15,71	23,43	14,33	23,19	24,64	24,75	26,41	26,31	16,44	19,60	19,70
Fe ₂ O ₃	4,53	4,98	12,29	6,43	6,25	6,45	8,11	6,30	10,98	7,95	3,53	8,15
TiO ₂	0,80	1,15	1,18	0,75	0,88	1,11	1,19	1,57	1,18	0,69	1,20	1,00
CaO	1,02	0,87	0,38	0,42	0,54	1,65	1,10	1,85	0,45	1,41	1,72	1,71
MgO	2,38	2,14	2,92	1,14	2,38	2,76	2,58	2,48	2,85	2,08	2,37	2,18
K ₂ O	2,75	2,19	3,39	1,32	4,63	4,11	3,60	3,65	3,35	1,74	1,81	1,92
Na ₂ O	1,27	1,35	0,52	0,44	0,79	1,11	0,39	0,36	0,39	0,24	0,24	0,88
Pérdida por calcinación	8,15	8,30	7,90	6,70	9,35	8,80	8,34	9,42	10,16	6,60	9,17	8,13
<i>Total</i>	98,93	99,72	101,53	100,47	98,67	100,59	99,78	100,89	100,77	99,65	100,20	101,19
H ₂ O ⁻	7,05	7,34	8,52	7,81	5,36	6,50	6,44	5,82	6,28	8,06	7,18	9,83
SiO ₂ /R ₂ O ₃	3,64	5,83	2,73	6,33	3,21	2,96	2,86	2,80	2,50	4,99	4,60	3,95
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	4,13	7,00	3,50	8,14	3,81	3,45	3,41	3,13	3,00	6,50	5,31	5,00
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	30,33	35,00	11,30	28,5	21	20,75	16,40	27,13	12,50	20,80	50,50	19,00
Capacidad de cambio meq./100 g.	39,70	33,94	41,66	33,93	39,48	35,21	48,17	39,94	31,50	41,03	35,73	40,32

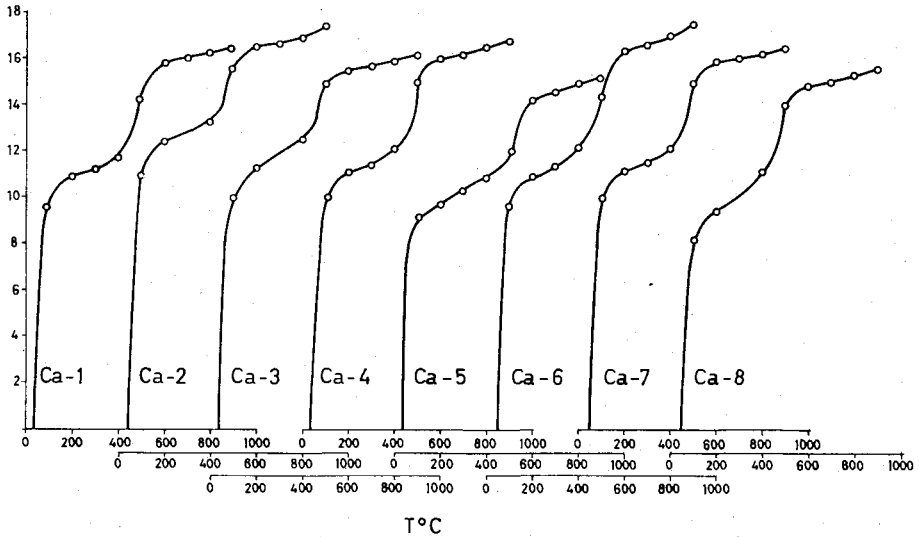


FIG. 3.—Curvas de análisis térmico ponderal de las muestras Ca-1, Ca-2, Ca-3, Ca-4, Ca-5, Ca-6, Ca-7 y Ca-8.

Las pérdidas por calcinación alcanzan valores medios, comprendidos entre 6,30 % y 9 % en la casi totalidad de las muestras y en sólo cinco de ellas se supera el 9 %. Todo ello parece confirmar que la montmorillonita está acompañada de minerales de tipo ílfico y que no existen cantidades apreciables de minerales inertes. Por otra parte, tampoco se nota una presencia destacada de

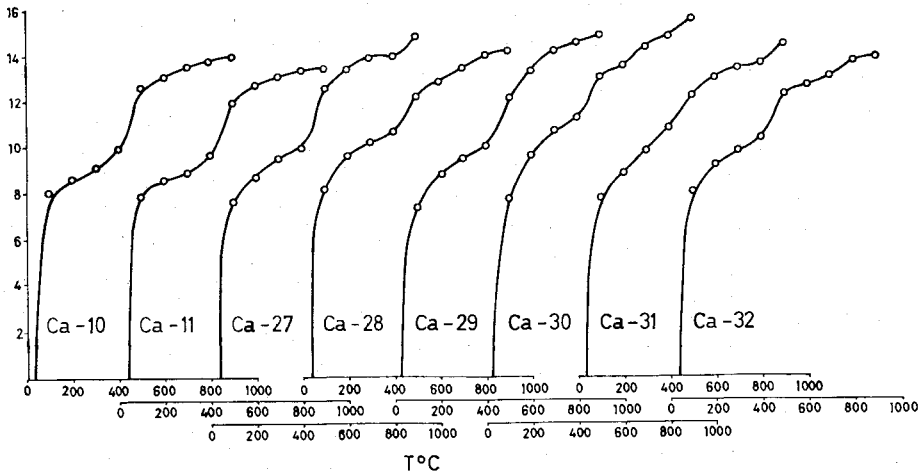


FIG. 4.—Curvas de análisis térmico ponderal de las muestras Ca-10, Ca-11, Ca-27, Ca-28, Ca-29, Ca-30, Ca-31 y Ca-32.

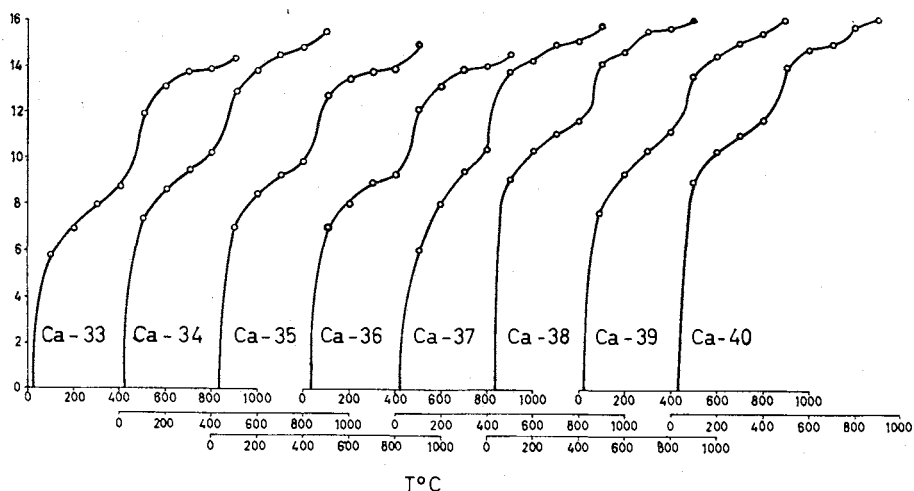


FIG. 5.—Curvas de análisis térmico ponderal de las muestras Ca-33, Ca-34, Ca-35, Ca-36, Ca-37, Ca-38, Ca-39 y Ca-40.

carbonatos u otros minerales con elevada pérdida por calcinación, aunque las arcillas brutas los contienen en variadas proporciones.

Los valores de las capacidades de cambio son del orden que cabe esperar en arcillas montmorilloníticas con alguna proporción de ilita.

El aspecto de las curvas de deshidratación (figs. 3, 4 y 5) es el que corresponde a minerales de naturaleza fundamentalmente montmorillonítica, con una moderada o mediana proporción de ilita. Las curvas de las muestras 31, 33, 36 y 37 y alguna otra, por su mayor inclinación, denotan pertenecer a arcillas más iliticas, lo que coincide además con el mayor contenido en potasio. En todo caso, las arcillas más montmorilloníticas corresponden a las muestras señaladas con los números 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 38 y 40, pertenecientes a yacimientos de la zona de Sanlúcar y Jerez.

Las figuras 6, 7 y 8 incluyen los registros de A. T. D. de estos materiales.

En primer lugar hay que destacar que las muestras presentan, en su mayor parte, un gran efecto endotérmico en la región de 140°-155° C, con otro también intenso, de mayor amplitud, en la de 560°-570° C y un tercero, más pequeño, a 830°-860° C, seguido inmediatamente de uno exotérmico poco intenso. Ello indica claramente su naturaleza montmorillonítica.

El pequeño efecto endotérmico que presentan casi todas a 225° C lo atribuimos al agua de hidratación de los cationes de cambio alcalino-térreos. Los débiles efectos endotérmicos, que en algunas se manifiesta por una ligera inflexión, en la región de 300° a 350° C estimamos son debidos a la presencia de

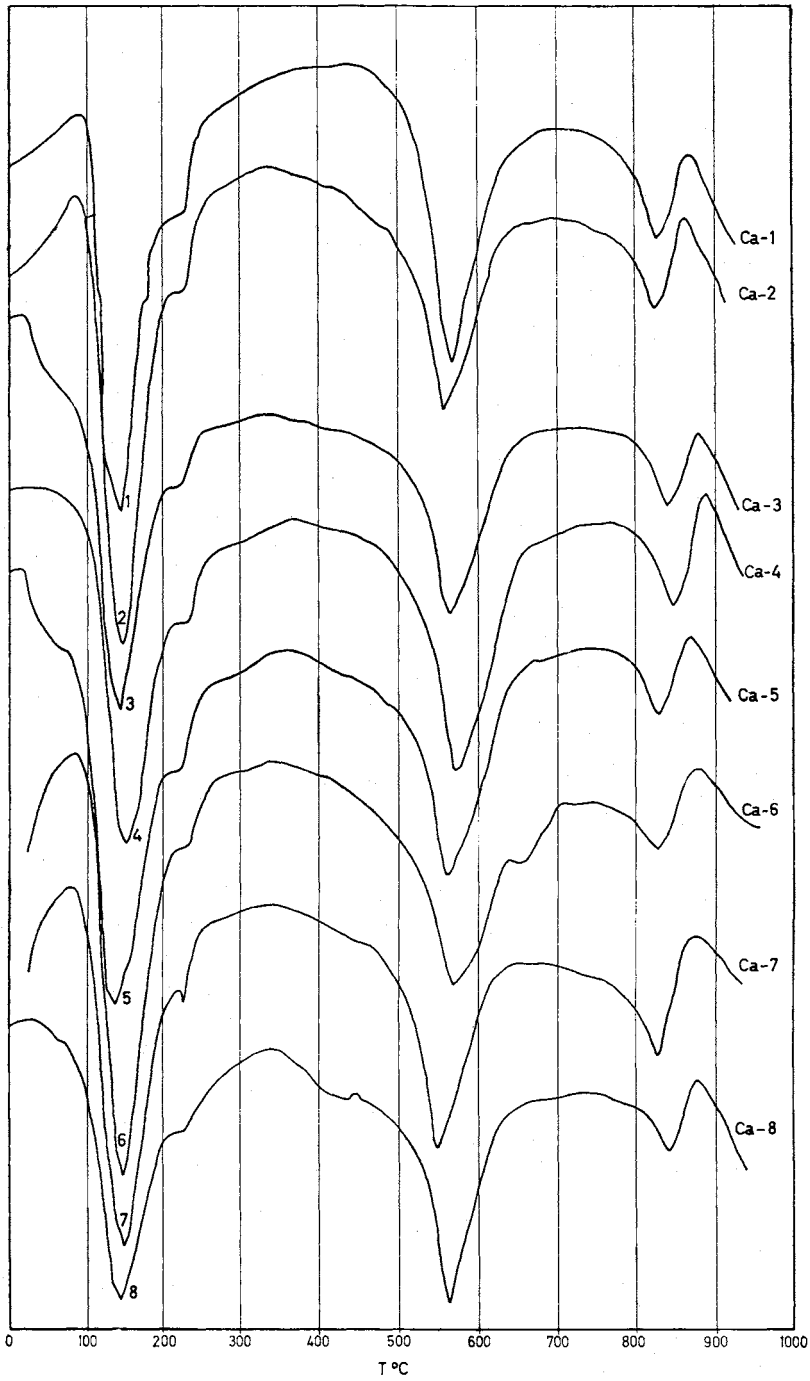


FIG. 6.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras Ca-1, Ca-2, Ca-3, Ca-4, Ca-5, Ca-6, Ca-7 y Ca-8.

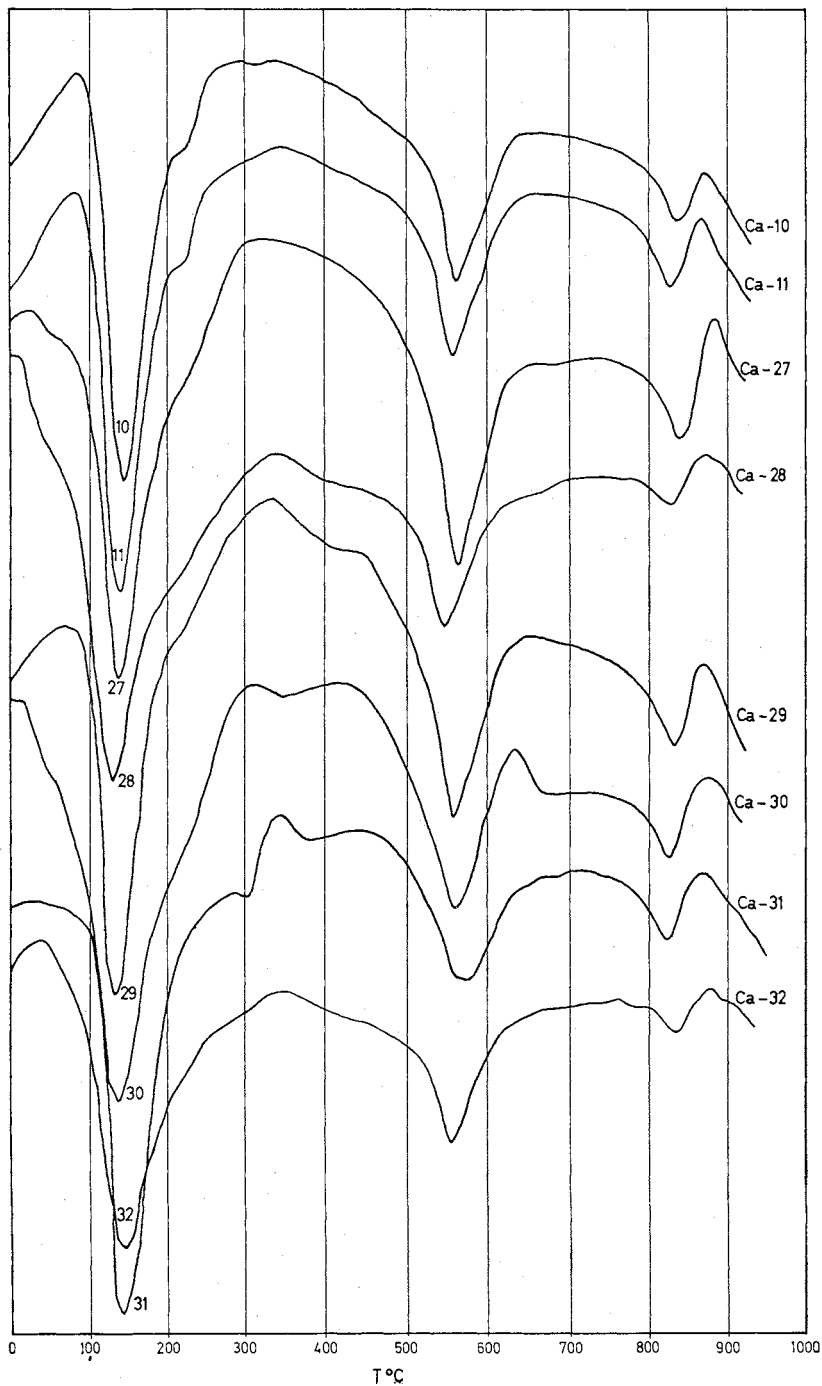


FIG. 7.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras Ca-10, Ca-11, Ca-27, Ca-28, Ca-29, Ca-30, Ca-31 y Ca-32.

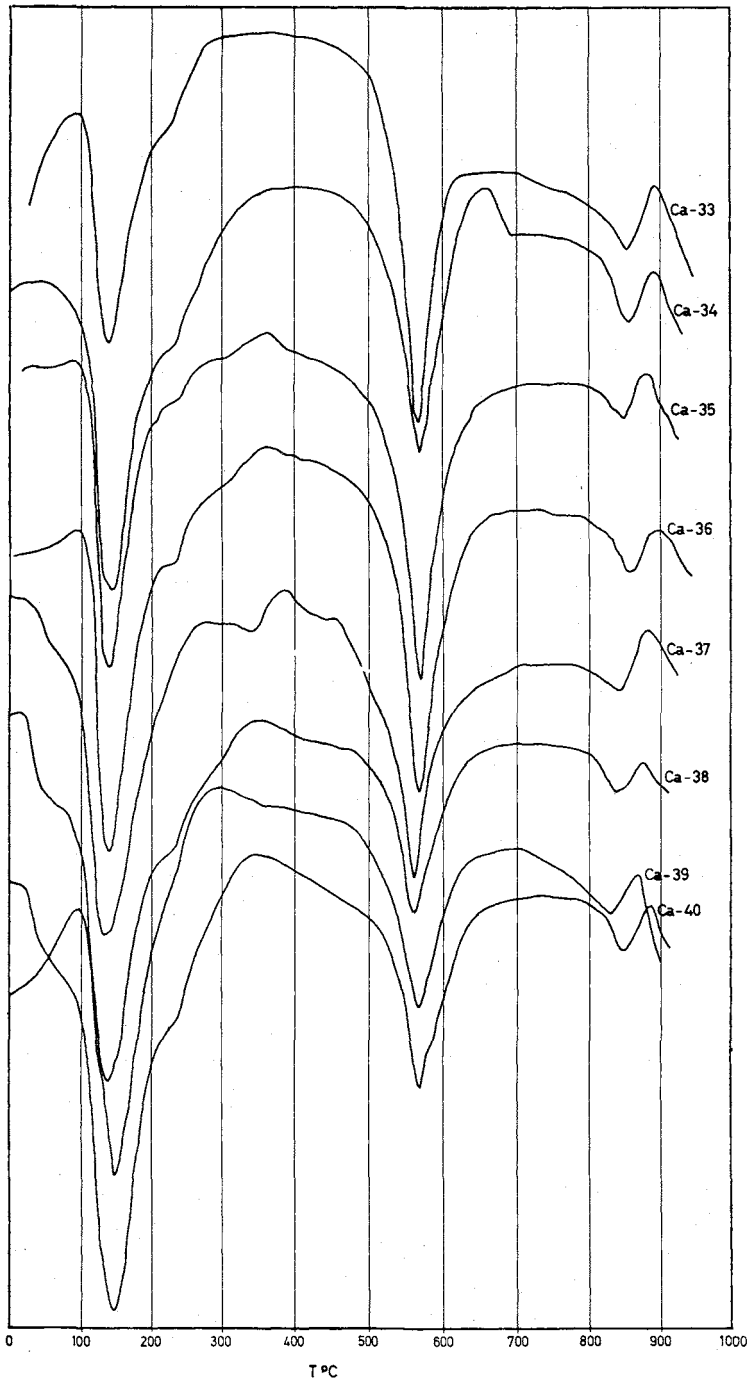


FIG. 8.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras Ca-33, Ca-34, Ca-35, Ca-36, Ca-37, Ca-38, Ca-39 y Ca-40.

TABLA IV
 DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE CÁDIZ.—SEDIMENTOS TERCIARIOS DE LA CAMPIÑA
 Y COSTA OCCIDENTAL

Ca-1		Ca-2		Ca-3		Ca-4		Ca-5		Ca-6		Ca-7		Ca-8	
dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀
14,71	100	14,7	100	14,7	61,5	14,71	100	14,7	100	16,9	31,5	14,7	75,5	14,85	34,4
10,04	5,9	10,04	1,8	10,01	6,4	10,04	13,3	10,04	6,6	15,3	42,7	12,4	13,6	14,13	50,1
7,07	23,7	7,07	6,2	7,07	31,7	7,07	34,8	7,07	22,1	14,4	31,5	10,15	5,5	10,40	5,1
4,44	41,1	6,65	5,4	6,32	20,5	6,10	20	4,44	81,2	10,04	8,2	8,83	5,5	9,88	7,7
4,22	27,6	4,92	5,4	5,90	20,5	4,92	12,5	4,22	21,4	7,36	15,7	7,07	53,3	7,62	22,7
3,55	17,9	4,44	37,3	5,53	10	4,44	62,5	3,50	13,3	7,07	26,3	4,92	33,3	7,19	29,6
3,51	17,9	4,22	16,3	4,92	11,2	4,22	17,8	3,34	42,8	4,92	13,2	4,44	100	6,37	10,2
3,34	26,9	4,03	3,1	4,44	100	3,55	19,6	3,18	11,6	4,44	88,8	4,22	73,8	6,21	11,9
2,56	35,5	3,86	6,2	3,75	14,4	3,50	22,1	2,56	64,2	4,22	33,5	3,55	21,6	5,68	10,8
2,45	10,5	3,50	13,04	3,55	25	3,36	30,3	2,45	24,5	3,86	32,9	3,36	62,2	5,07	13,6
2,36	7,1	3,36	24,06	3,36	46,6	3,30	9,8	2,38	26,7	3,70	26,5	3,16	20	4,44	100
2,12	5,9	3,20	9,3	2,56	61,1	3,07	14,2	2,24	12,5	3,51	16,4	3,10	12,2	4,31	12,5
1,89	1,4	2,96	4,6	2,82	30	2,82	5,5	2,12	9,3	3,36	54,2	2,56	70	4,26	11,7
1,81	2,37	2,91	5,4	1,89	4,8	2,75	3,3	1,97	8	3,18	35,5	2,33	15,5	4,08	37,6
1,69	5,9	2,56	33,5	1,72	4,8	2,56	42,8	1,82	6,6	3,02	49,3	2,10	6,6	3,86	25,6
1,64	3,1	2,45	8,3	1,50	35,8	2,49	17,8	1,64	14	2,56	100	1,82	3,3	3,56	31,3
1,54	4,9	1,81	2,01	1,50		2,42	16,07	1,50	3,1	2,45	25,3	1,72	3,3	3,33	51,2
1,50	17,9	1,69	6,6	2,38	14,2	2,12	4,4			2,39	32,9	1,69	6,9	3,18	22,9
		1,64	2,01	2,12	4,4	2,12	4,4			2,26	23,8	1,65	6,6	2,56	76,9
		1,50	13,9	1,81	3,5	1,81	3,5			2,12	11,8	1,58	3,3	2,45	10,2
				1,77	2,6	1,77	2,6			2,00	11,5	1,49	11,1	2,01	1,2
				1,69	6,6	1,69	6,6			1,91	11,5			1,81	25,6
				1,64	4,01	1,64	4,01			1,81	6,5			1,71	7,7
				1,54	4,4	1,54	4,4			1,69	6,5			1,68	8,8
				1,50	26,4	1,50	26,4			1,56	3,9			1,50	25,0
										1,54	3,9				
										1,50	23,4				

TABLA V
 DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE CÁDIZ.—SEDIMENTOS TERCIARIOS DE LA CAMPIÑA
 Y COSTA OCCIDENTAL

Ca-10		Ca-11		Ca-27		Ca-28		Ca-29		Ca-30		Ca-31		Ca-32	
dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀
14,72	100	14,72	100	14,72	29,5	14,48	18,7	15,77	33,7	15,36	73,5	14,48	9,0	16,67	17,5
9,92	3,6	10,3	2,6	10,40	3,9	7,08	21,1	14,48	53,0	13,28	12,9	9,93	8,0	14,48	19,8
7,07	24,9	7,7	29,1	7,22	37,5	6,44	12,1	10,10	9,0	7,08	38,7	7,22	13,5	8,75	6,3
5,79	10,8	6,32	20,1	5,02	15,3	5,09	13,4	7,19	27,7	4,48	100	6,65	10,5	8,19	14,9
4,92	14,4	5,90	13,4	4,45	100	4,46	100	4,98	10,8	3,33	54,1	6,19	12,1	7,62	18,5
4,44	71	4,92	14,1	4,24	26,1	4,27	35,7	4,46	100	2,56	59,3	4,44	100	7,13	39,8
4,22	36,2	4,44	53,8	3,50	46,0	3,33	37,9	4,24	37,9	2,38	42,8	4,19	28,1	6,37	13,3
3,50	26,1	4,22	28,7	3,33	68,1	2,56	40,6	3,52	28,9	2,13	21,9	3,33	40,2	5,14	18,3
3,34	34,7	3,82	22,1	3,11	15,9	2,41	6,6	3,33	65,1	1,81	6,5	2,56	67,8	4,49	100
3,18	8,6	3,70	26,9	2,98	15,3	2,16	16,1	3,24	22,8	1,66	8,3	2,45	33,1	4,28	55,8
3,08	18	3,49	26,9	2,56	67,6	1,78	38,8	2,55	73,7	1,54	6,5	2,14	10,5	4,08	29,7
2,56	30,4	3,34	41,7	2,46	15,3	1,67	7,1	2,34	19,2	1,50	11,6	1,69	7,0	3,83	29,8
2,45	17,9	3,16	32,2	2,38	14,2	1,50	12,1	2,12	10,2	1,29	3,9	1,67	12,1	3,66	22,3
2,25	6,3	2,98	18,1	2,24	9,6	1,49	12,9	1,98	12,6			1,50	22,1	3,33	44,6
2,17	4,3	2,79	3,5	2,13	8,5	1,37	9,8	1,81	12,6			1,50		3,21	17,9
1,97	4,3	2,56	50,2	1,99	8,5			1,68	12,0					2,56	44,8
1,75	3,6	2,34	10,5	1,69	8,5			1,66	14,4					2,13	7,9
1,69	4,3	2,23	13,4	1,50	17,0			1,50	18,1					1,69	6,3
1,62	4,3	2,10	4											1,50	23,7
1,59	6,5	2,01	4												
1,56	5	1,81	4,4												
1,54	4,3	1,65	7,8												
1,50	19,9	1,54	5,2												
		1,50	10,9												

TABLA VI
 DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE CÁDIZ.—SEDIMENTOS TERCIARIOS DE LA CAMPIÑA
 Y COSTA OCCIDENTAL

Ca-33		Ca-34		Ca-35		Ca-36		Ca-37		Ca-38		Ca-39		Ca-40	
dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀
14,13	10,4	15,36	36,4	14,13	13,5	14,72	44,3	13,38	58,1	15,23	98,4	15,23	100	14,85	100
10,04	17,0	14,25	31,4	10,10	19,7	10,04	11,5	10,04	10,9	14,25	61,5	7,13	35,2	10,22	12,9
7,89	47,1	13,18	25,4	9,30	16,6	7,19	48,1	7,22	31,5	13,80	34,3	6,00	18,0	8,04	16,6
7,22	14,8	10,10	15,8	7,10	16,0	4,99	19,2	6,91	35,4	9,02	25,6	4,47	70,4	7,13	28,6
5,98	10,4	7,19	51,1	4,98	11,1	4,44	14,4	4,46	100	7,13	26,1	4,26	46,0	6,45	16,6
4,98	100	4,95	24,8	4,48	100	4,25	53,8	4,17	46,4	5,40	5,1	3,53	38,8	5,21	20,3
4,44	21,6	4,46	100	4,24	41,3	3,57	16,3	3,70	23,2	5,14	12,8	3,34	37,0	4,72	13,5
3,90	33,9	3,85	23,1	3,54	19,7	3,52	20,1	3,53	25,1	4,43	100	2,57	50,8	4,46	78,4
3,58	66,6	3,53	44,7	3,33	55,5	3,46	23,0	3,33	38,7	4,24	51,2	1,66	9,6	4,26	12,3
3,33	14,8	3,48	38,7	3,17	18,5	3,33	88,4	3,22	25,1	4,12	36,9	1,49	39,2	3,50	49,8
2,97	71,6	3,33	52,9	2,95	12,3	3,18	51,9	2,98	17,4	3,82	25,1	3,31	28,6	3,31	28,6
2,56	24,6	3,20	49,6	2,57	39,4	2,56	100	2,86	12,9	3,56	36,4	2,90	50,1	2,90	50,1
2,38	22,2	3,10	24,8	2,55	64,1	2,13	23,0	2,56	80,6	3,33	45,1	3,23	63,6	2,56	63,6
2,12	12,4	2,98	23,1	2,44	20,3	1,98	32,6	2,41	24,5	3,23	35,9	3,13	27,6	1,66	12,3
1,69	10,4	2,77	14,5	2,37	19,1	1,68	19,2	2,14	7,7	3,13	27,6	2,56	30,7	1,50	14,7
1,51	19,1	2,55	73,1	1,50	33,9	1,49	44,3	1,98	15,4	2,56	30,7	2,43	15,3	1,50	14,7
		2,41	22,2					1,64	12,9	2,43	15,3	2,36	12,8		
		2,16	11,9					1,49	16,7	1,50	9,2	1,49	11,2		
		2,12	9,6												
		2,01	13,2												
		1,69	15,5												
		1,64	16,2												
		1,62	10,2												
		1,50	45,0												

óxidos hidratados de hierro, como se observa en las muestras 30, 31 y 37, especialmente.

En gran parte de las muestras se aprecia un débil, hasta mediano, efecto exotérmico a 350° C, que atribuimos a restos de materia orgánica.

Cabe destacar que en las muestras 6, 30 y 34 se presenta otro efecto más pequeño a 665°-700° C, además del intenso efecto endotérmico de gran amplitud de la zona de 560°-570° C, que atribuimos a minerales montmorilloníticos de mayor grado de cristalinidad.

Finalmente, las muestras 8, 33, 35, 36 y, en menor grado la 37, denotan su constitución fundamentalmente ílítica, como se deduce de la mayor intensidad del efecto endotérmico a 565°-570° C, en relación con el de 140° C, así como de la forma más aguda de aquél en comparación con los de las demás muestras. Recordemos que las señaladas con los números Ca-33, Ca-35, Ca-36 y Ca-37 están tomadas en un yacimiento distinto a las anteriores.

Los diagramas de difracción de rayos X (tablas IV, V y VI), obtenidos por el método de polvo, ponen de manifiesto que estas arcillas son fundamentalmente montmorilloníticas. Destacan las muestras 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 38, 39 y 40, como se deduce de la fuerte intensidad de la línea de 14 Å y espaciados mayores. También se encuentran las restantes líneas de montmorillonita, como las de 4,44 Å (MF); 2,56 Å (M a F); 1,66 Å a 1,69 Å (MD); 1,49 Å a 1,50 Å (M) y los sucesivos órdenes de reflexión basal.

Casi todas las muestras contienen caolinita, cuyo porcentaje llega a ser desde mediano hasta alto en las muestras 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 27, 29, 30, 32, 34, 36 y 37. Se comprueba por la intensidad de la línea de 7 Å, que presentan todas las muestras, seguida de otra a 4,43 Å (común a ílita y montmorillonita) y las de 3,53 Å; 3,36 Å; 2,56 Å; 2,37 Å; 2,26 Å (sólo presente en la muestra Ca-6); 1,98 Å; 1,78 Å; 1,66 Å; 1,54 Å y otras.

Hemos comprobado que no hay cloritas (espaciados de 14 Å y 7 Å) mediante los tratamientos térmico y con CIH caliente.

Por calentamiento de la muestra a 600° durante media hora reducen el espaciado de 14 Å a 9,8 Å, lo que indica montmorillonitas. Las cloritas reforzarían y darían más nitidez a la difracción de 14 Å. Asimismo, el espaciado de 7,07 Å presente en todas ellas desaparece en este tratamiento, lo que indica la presencia de caolinita.

El tratamiento con CIH, 6N a 100° C durante una hora no cambia el espaciado de 7,07 Å y el de 14 Å sigue prácticamente igual en la mayor parte, lo que unido a la ausencia de la línea de 4,7 Å indica también ausencia de cloritas.

A los minerales identificados como componentes principales sigue en im-

portancia el cuarzo, observado por la intensidad de los espaciados a 4,22 Å; 3,35 Å; 1,81 Å; 1,54 Å; y otros, con mayor porcentaje en las muestras 5, 6, 7, 10, 11, 28, 30 y 32.

Aunque no se encuentran arcillas propiamente íliticas se distinguen por una mayor riqueza en este mineral las muestras Ca-4, Ca-33, Ca-35, Ca-36, Ca-37 y Ca-38, en las que la línea de 10 Å (propia de las micas e ilitas) es de intensidad baja hasta media. La línea de 4,93 Å a 4,97 Å la presentan con intensidad variable o media las muestras Ca-2, Ca-3, Ca-4, Ca-6, Ca-7, Ca-10, Ca-11, Ca-29, Ca-33 (MF), Ca-34 y Ca-35.

La línea de 2,78 Å (exclusiva de ilita), la presenta la muestra Ca-34 con intensidad media. Las restantes líneas de ilita, tales como la de 2,56 Å (común a la montmorillonita), de intensidad media a fuerte y las de 1,49 Å a 1,50 Å están presentes en casi todas las muestras. Finalmente, no aparece la línea de 3,95 Å, exclusiva de moscovita, si bien la de 2,98 Å (común a la ilita) la presentan con intensidad variable las muestras Ca-27 (M); Ca-34 (M a F) y Ca-37 (M).

Líneas de calcita aparecen en la muestra Ca-4 y más aún en la Ca-6. Algunas muestras, como las Ca-2, Ca-3, Ca-4, Ca-6, Ca-8, Ca-27, Ca-29, Ca-32, Ca-34, Ca-37 y Ca-38 presentan líneas que atribuimos a feldespatos, aunque en proporción muy pequeña.

En resumen, los minerales encontrados en el grupo de muestras comprendidas en este trabajo se incluyen en la tabla VII.

Del estudio fisicoquímico de la fracción arcilla extraída de estos materiales, una vez eliminados carbonatos y materia orgánica, se deduce que el mineral fundamental de la casi totalidad de las muestras es la montmorillonita y minerales de su grupo. Como minerales secundarios se encuentran caolinita, cuarzo e ilita.

Las muestras Ca-31, Ca-33, Ca-35, Ca-34, Ca-36 y Ca-37, procedentes del yacimiento de Puerto Real y las Ca-38, Ca-40 y Ca-4 contienen mayor porcentaje de ilita que el resto de la serie aquí estudiada.

Como minerales accesorios se encuentran, calcita (Ca-4 y Ca-6), óxidos de hierro y aluminio diversamente hidratados (Ca-31, Ca-35, Ca-37, Ca-10, Ca-8, Ca-11) y una pequeña proporción de feldespatos. En alguna muestra de la zona de Jerez (Ca-40) y de Arcos (Ca-11) hemos apreciado líneas de difracción que atribuimos a la atapulgita.

TABLA VII

PRINCIPALES COMPONENTES DE LAS ARCILLAS DE SEDIMENTOS TERCIARIOS DE LA CAMPIÑA Y COSTA OCCIDENTAL (CÁDIZ) *

Núm. muestra	PRINCIPALES		ACCESORIOS
	Dominante	Secundarios	
Ca-1	M.	K.I.	Q.
Ca-2	M.	K.I.	Q.F.
Ca-3	M.	K.I.	Q.F.
Ca-4	M.	K.I.Pi.	Q.Cal.F.
Ca-5	M.	K.I.	Q.
Ca-6	M.	K.I.	Q.Cal.F.
Ca-7	M.	K.I.	Q.F.
Ca-8	M.	K.I.	Q.F.Bo.
Ca-10	M.	K.I.	Q.Cor.
Ca-11	M.	K.I.	Q.Bo.Pa.
Ca-27	M.K.	I.	Q.F.
Ca-28	—	M.K.	Q.
Ca-29	M.	K.I.	Q.F.
Ca-30	M.	K.I.	Q.
Ca-31	I.M.	K.Go.	
Ca-32	M.K.	I.	Q.F.
Ca-33	K.I.	M.	
Ca-34	K.M.	I.	F.
Ca-35	K.I.M.		Go.
Ca-36	M.K.	I.	
Ca-37	K.Go.	I.M.	F.
Ca-38	M.	K.I.	F.
Ca-39	M.	K.	Q.
Ca-40	M.	K.I.	Pa.Q.

M= Montmorillonita.
 I= Illita.
 Q= Cuarzo.
 K= Caolinita.
 F= Feldespato.
 Pi= Pirofilita.

Cal= Calcita.
 Go= Goetita.
 Cor= Corindón.
 Bo= Boehmita.
 Pa= Paligorskita.

* Fracción arcilla exenta de carbonatos y materia orgánica.

2. ENSAYOS TÉCNICOS

Las tablas VIII y IX incluyen los datos de los ensayos técnicos realizados en las arcillas brutas y las figuras 9, 10 y 11 muestran los diagramas de secado a la temperatura de 50° C.

Análisis mecánico

El análisis mecánico de estos materiales revela un contenido en fracción arcilla del 40 al 70 %. Solamente las muestras Ca-28, Ca-31 y Ca-34 contienen 39,15 %; 27,70 % y 22,30 %, respectivamente. La humedad es variable y está comprendida entre un 2 % y un 8,6 %. El contenido en carbonatos varía entre 19 % (Ca-10, Ca-11) y 44 % (Ca-36). Sólo las muestras núms. 29 y 31 presentan valores más bajos. Por el contrario, las Ca-4 y Ca-34 alcanzan 63,62 % y 52,32 % respectivamente. La muestra Ca-37 (arcilla roja superficial del yacimiento de Puerto Real) está prácticamente exenta de carbonatos.

Plasticidad

El agua de moldeo en estas arcillas oscila entre 17,3 % y 35,5 %, de acuerdo con su textura y constitución mineralógica.

La plasticidad es alta en la mayor parte de las muestras, variando su índice entre 11,8 (Ca-5) y 21,3 (Ca-8 y Ca-11). Las muestras Ca-6, Ca-31, Ca-33, Ca-35, Ca-36 y Ca-37, que son las que contienen más ilita, son las menos plásticas, con valores del índice de Riecke de 7,1; 7,5; 9,7; 7,8; 10 y 5,3, respectivamente.

Desecación

La contracción de volumen por secado a 50° C varía desde 12,1 % (Ca-7), hasta 26,3 % (Ca-2), referida a la probeta fresca. Solamente la muestra de naturaleza ilitica, Ca-37, presenta una mínima contracción (6,4 %).

Contracción por calcinación

La pérdida de peso por calcinación a 900° C, referida al peso de la muestra seca a 100° C, varía entre 14 % (Ca-34) y 28,7 % (Ca-6), siendo los valores más frecuentes los comprendidos entre 15 % y 21 %. Las muestras Ca-31 y Ca-37, las más pobres en carbonatos de la serie, apenas pierden un 5 %.

La contracción de volumen por calcinación a 900° C, referida a muestra seca a 100° C, que es prácticamente el mismo de la muestra a temperatura ambiente,

TABLA VIII

ENSAYOS TECNOLÓGICOS DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE CÁDIZ.—CAMPIÑA Y COSTA OCCIDENTAL

ENSAYOS	MUESTRAS											
	Ca-1	Ca-2	Ca-3	Ca-4	Ca-5	Ca-6	Ca-7	Ca-8	Ca-10	Ca-11	Ca-27	Ca-28
<i>Análisis mecánico</i>												
% de humedad	5,60	8,10	7,20	5,20	7,40	7,50	5,60	5,50	2,20	8,60	6,46	5,89
% de arena gruesa	0,30	0,10	0,07	0,08	0,11	0,05	0,12	0,02	0,40	0,10	0,30	0,20
% de arena fina	17,40	11,90	16,20	22,90	9,40	22,50	22,10	14,70	22,10	8,90	21,03	30,96
% de limo	23,50	15,90	19,30	25,40	24,30	7,90	16,60	26,40	19,50	22,40	13,50	29,35
% de arcilla	56,80	70,50	62,60	50,30	65,10	67,60	57,90	56,80	56,80	68,20	63,50	39,15
% de carbonatos	35,44	40	39,08	63,62	43,62	89,08	27,26	27,26	19,20	19,20	19,28	22,32
<i>Agua de desleimiento</i>												
c.c. de agua/100 gr. de muestra seca a 100° C	36	41	50	40	43	41	50	51	52	52	39	53
% de agua en muestra seca a 100° C	26,5	29	33,3	28,5	30	29	33,3	33,7	34,2	34,2	28	34,6
<i>Plasticidad</i>												
Límite de adherencia	40,3	39,8	48,7	36,4	35,6	31,4	50	52,3	49	59,8	40,6	55
Límite de arrollamiento	20,8	25,2	33,6	23,5	23,8	23,9	34,4	31	32,9	38,5	25,5	37,3
Índice de Riecke	17,5	14,6	15,1	12,9	11,8	7,5	15,6	21,3	16,1	21,3	15,1	18,7
<i>Resistencia a la compresión</i>												
Kg/cm ² (probeta calcinada a 900° C)	337,7	466,4	218,8	591,6	539,3	209,6	474,5	507,4	253,9	625,1	416,6	517,8
<i>Densidad real (probetas calcinadas a 900° C) gr/cm³</i>												
	2,57	2,42	2,60	2,54	2,59	2,61	2,60	2,59	2,62	2,52	2,42	2,58
<i>Densidad aparente (probetas calci- nadas a 900° C) gr/cm³</i>												
	1,25	1,50	1,27	1,59	1,50	1,11	1,20	1,44	1,25	1,23	1,39	1,09
<i>Porosidad total %</i>												
	51,3	38	51,15	37,4	42	57,4	53,6	44,4	52,2	51,1	42,5	57,7

TABLA IX

ENSAYOS TECNOLÓGICOS DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE CÁDIZ.—CAMPIÑA Y COSTA OCCIDENTAL

ENSAYOS	MUESTRAS											
	Ca-29	Ca-30	Ca-31	Ca-32	Ca-33	Ca-34	Ca-35	Ca-36	Ca-37	Ca-38	Ca-39	Ca-40
<i>Análisis mecánico</i>												
% de humedad	5,75	5,96	2,70	6,70	3,60	2,70	4,20	3,20	2,10	6,30	4,80	8,30
% de arena gruesa	0,26	0,32	0,60	0,20	0,10	2,50	4,60	0,12	0,10	0,17	0,12	0,16
% de arena fina	15,81	11,24	62,70	22,90	11,20	63,20	27,20	18,70	26,10	15,90	19,96	9,60
% de limo	33,15	41,25	8,10	34,40	40,50	11,40	23,50	40,50	25,20	35,70	23,10	27,40
% de arcilla	51,25	45	27,70	40,90	45,80	22,30	42,30	40,10	46,70	46,50	56,20	62,30
% de carbonatos	17,36	34,88	12,86	30,72	28,96	52,32	30,48	44,48	1,36	28,16	29,2	26,16
<i>Agua de desleimiento</i>												
cc. de agua/100 gr. de muestra seca a 100° C	37	54	25	58	35	26	21	28	21	55	49	49
% de agua en muestra seca a 100° C	27	35	20	36,7	25,9	20,6	17,3	21,8	17,3	35,5	32,8	32,8
<i>Plasticidad</i>												
Límite de adherencia	41,5	47,2	26,6	71,2	26,2	28,2	22,2	26,2	20,5	52,6	48,6	39,6
Límite de arrollamiento	26,3	33,3	19,5	53,2	16,5	16,3	14,4	16,2	15,2	35	33,1	26,9
Índice de Riecke	15,2	14,9	7,1	18	9,7	11,9	7,8	10	5,3	17,6	15,5	12,7
<i>Resistencia a la compresión</i>												
Kg/cm ² (probeta calcinada a 900° C)	647	351,1	86,1	371	514,5	182,3	323,1	235	107,5	484,3	570,1	480,3
<i>Densidad real (probetas calcina- das a 900° C) gr/cm³</i>												
	2,56	2,63	2,37	2,61	2,46	2,87	2,72	2,54	2,51	2,47	2,62	2,54
<i>Densidad aparente (probetas calci- nadas a 900° C) gr/cm³</i>												
	1,64	1,28	1,45	1,05	1,54	1,23	1,78	1,37	1,74	1,37	1,33	1,42
<i>Porosidad total %</i>												
	35,9	51,3	38,8	59,7	37,3	57,1	34,5	46	30,6	44,5	49,2	44,1

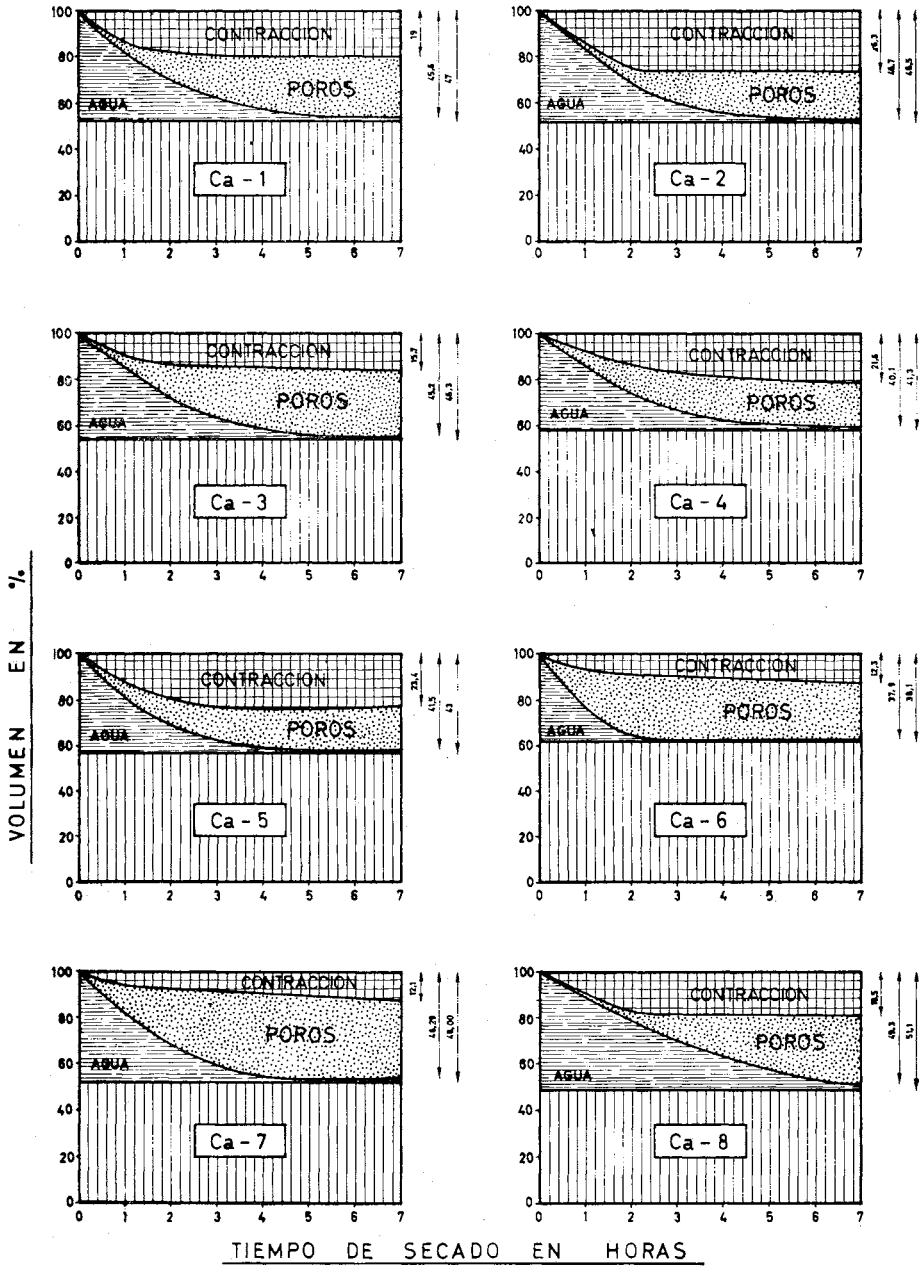


FIG. 9.—Diagramas de secado a 50° de las muestras Ca-1, Ca-2, Ca-3, Ca-4, Ca-5, Ca-6, Ca-7 y Ca-8.

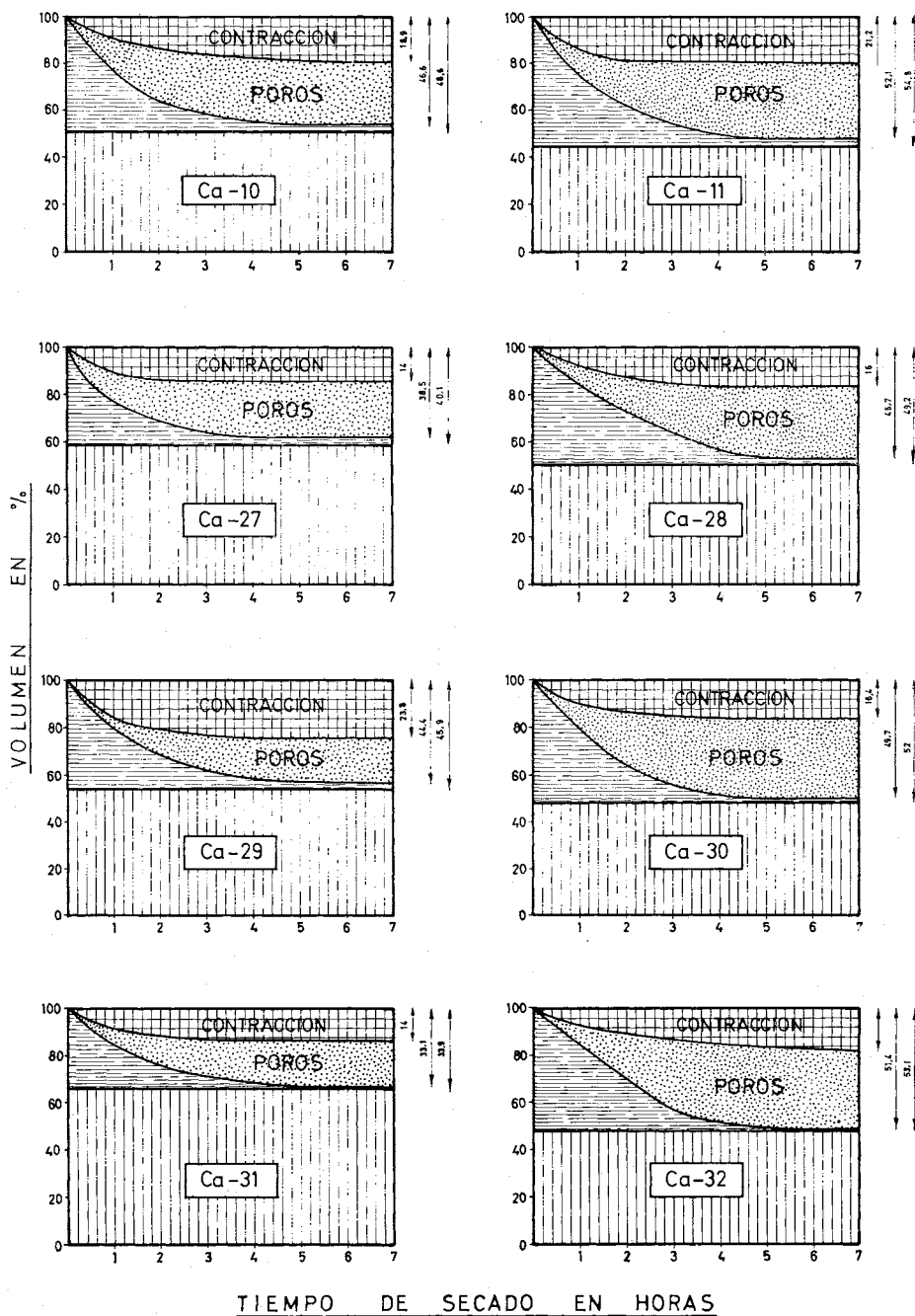


FIG. 10.—Diagramas de secado a 50° de las muestras Ca-10, Ca-11, Ca-27, Ca-28, Ca-29, Ca-30, Ca-31 y Ca-32.

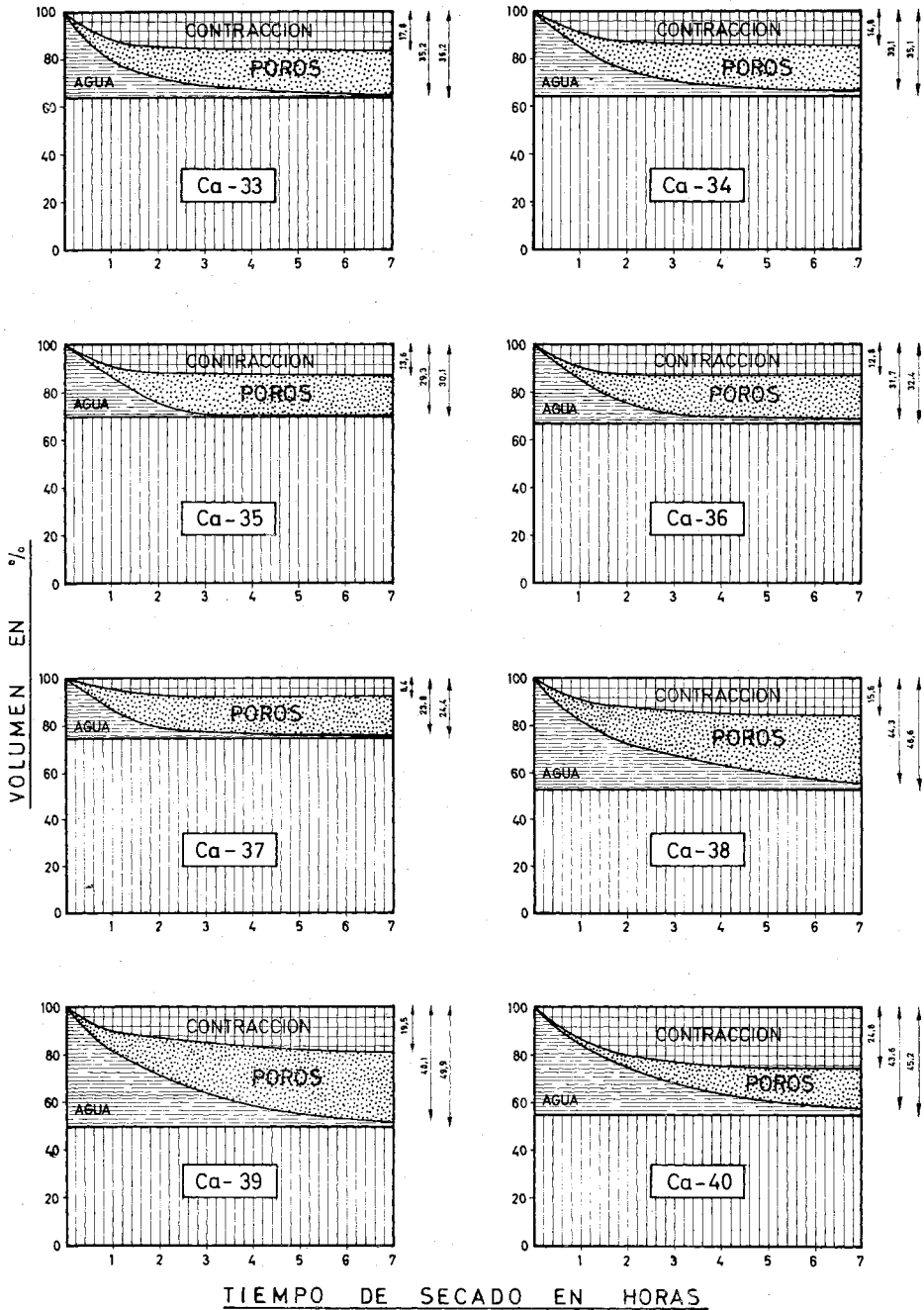


FIG. 11.—Diagramas de secado a 50° de las muestras Ca-33, Ca-34, Ca-35, Ca-36, Ca-37, Ca-38, Ca-39 y Ca-40.

es variable, con valores más frecuentes entre un 2 y un 13 %. La mayor contracción se encuentra en las muestras Ca-3, con 18,9 %; la Ca-27, con 20,6 %; la Ca-29, con 31,3 %; la Ca-38, con 23,3 % y en la Ca-39, con el 30,7 %.

La densidad aparente del producto cocido es variable y oscila frecuentemente entre 1,20 gr/cm³ y 1,50 gr/cm³.

La porosidad total alcanza valores comprendidos entre 30,6 % y 57,1 % con valores más frecuentes entre 35 % y 45 %. Hay que hacer constar que ninguno de los materiales disgregó al salir del horno.

Por efecto de la cocción toman estos materiales una tonalidad marfil bastante semejante en todas las muestras con excepción de la Ca-31, "barro colorado" de San Fernando, que por cocción da lugar a un ladrillo muy rojo y de la Ca-37, "tierra colorada de superficie" del yacimiento de Puerto Real, que produce un material cocido más rojizo que la casi totalidad. Como se ha destacado anteriormente, estos materiales no se disgregan ni presentan nódulos calizos.

Resistencia mecánica

La resistencia mecánica a la compresión en frío de las probetas calcinadas a 900° C es media hasta alta y en algunas muestras alcanza valores de 647 Kg/cm² (Ca-29); 591,6 Kg/cm² (Ca-4); 570 Kg/cm² (Ca-39) y 625 Kg/cm² (Ca-11), si bien en la mayor parte oscila entre los 300 Kg/cm² y los 500 Kg/cm².

Solamente las muestras Ca-31, Ca-34 y Ca-37 alcanzan valores claramente bajos, con 86,1 Kg/cm²; 182,3 Kg/cm² y 107,5 Kg/cm² respectivamente.

IV. Conclusiones

Se puede resumir de las anteriores consideraciones que las arcillas sedimentarias de Cádiz, procedentes de yacimientos terciarios de la campiña de Jerez y proximidades de la Bahía de Cádiz, son de naturaleza montmorillonítica, con caolinita, cuarzo e illita como minerales secundarios y óxidos de hierro y aluminio en varios grados de hidratación, con una ligera cantidad de feldespatos, como accesorios. Todas contienen variables y altas cantidades de calcita en grano muy fino, cuyo tamaño no es perjudicial para el material cocido.

Hay que destacar el mayor contenido en illita que presenta la serie de muestras del yacimiento de Puerto Real (Ca-33 a la Ca-37).

Los datos tecnológicos obtenidos a partir de los materiales brutos permiten señalar que se trata de arcillas de buenas cualidades desde el punto de vista

técnico para la obtención de materiales de construcción, en especial por los altos valores de resistencia a la compresión de los productos cocidos.

Desde el punto de vista económico es elevada la producción de las industrias que utilizan estos materiales dado el creciente consumo que el ramo de la construcción mantiene en esta provincia.

BIBLIOGRAFIA

1. GONZÁLEZ GARCÍA, F. y GARCÍA RAMOS, G.: "Arcillas cerámicas de Andalucía: 1. Yacimientos de las vegas del Guadalquivir y Corbones, en la provincia de Sevilla", *Bol. Soc. Esp. Cerám.*, 3 [5], 481-502 (1964).
2. GONZÁLEZ GARCÍA, F. y GARCÍA RAMOS, G.: "Arcillas cerámicas de Andalucía: 2. Yacimientos de La Campiña en la provincia de Sevilla", *Bol. Soc. Esp. Cerám.*, 4 [1], 5-22 (1965).
3. GONZÁLEZ GARCÍA, F. y GARCÍA RAMOS, G.: "Arcillas cerámicas de Andalucía: 3. Yacimientos terciarios de la margen derecha del Guadalquivir, en la provincia de Sevilla", *Bol. Soc. Esp. Cerám.*, 5 [2], 229-245 (1966).
4. GARCÍA RAMOS, G., GONZÁLEZ GARCÍA, F., y FERNÁNDEZ VEIGUELA, D.: "Arcillas cerámicas de Andalucía: 4. Yacimientos terciarios de La Campiña, en la provincia de Córdoba", *Bol. Soc. Esp. Cerám.*, 5 [3], 337-359 (1966).
5. GARCÍA RAMOS, G., GONZÁLEZ GARCÍA, F., OLMEDO PUJOL, J., y PÉREZ RODRÍGUEZ, J. L.: "Arcillas cerámicas de Andalucía: 5. Yacimientos de terrenos ígneos y sedimentos primarios de la provincia de Huelva. Comarcas de Sierra Morena y Andévalo", *Bol. Soc. Esp. Cerám.*, 5 [6], 791-821 (1966).
6. GARCÍA RAMOS, G., GONZÁLEZ GARCÍA, F., PÉREZ RODRÍGUEZ, J. L. y OLMEDO PUJOL, J.: "Arcillas cerámicas de Andalucía: 6. Yacimientos terciarios y cuaternarios de la provincia de Huelva. Comarcas de Huelva y El Condado", *Bol. Soc. Esp. Cerám.*, 6 [2], 207-238 (1967).
7. GARCÍA RAMOS, G., y GONZÁLEZ GARCÍA, F.: "Arcillas cerámicas de Andalucía: 7. a) Yacimientos terciarios de La Campiña de Córdoba (conclusión). b) Yacimientos terciarios y cuaternarios de las márgenes del Guadalquivir (Córdoba)", *Bol. Soc. Esp. Cerám.*, 8 [1], 17-46 (1969).
8. RICH, C. I. y KUMZE, G. W.: "Soil Clay Mineralogy". Symposium. Edit. The University of Nort. Carolina Press (1964).
9. BROWN, G.: "The X-Ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals". Min. Soc. London (1964).
10. MACKENZIE: "The Differential Thermal Investigation of Clays" (1957).
11. SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CERÁMICA: "Memorias de la 1.^a, 2.^a, 3.^a y 4.^a Semana de Estudios Cerámicos", Madrid (1963-1967).
12. POWDER DIFFRACTION FILE: "Index inorganic" Edit. A. S. T. M. (1966).