

Arcillas cerámicas de Andalucía:

IV. Yacimientos terciarios de la Campiña, en la provincia de Córdoba.

G. GARCIA RAMOS, F. GONZALEZ GARCIA
y D. FERNANDEZ VEIGUELA

Facultad de Ciencias. Universidad de Sevilla.

RESUMEN

Se han estudiado dieciséis muestras de arcilla de interés cerámico procedentes de varios yacimientos situados en la región SW. de la provincia de Córdoba, en la comarca denominada Campiña, dentro de un área de 400 Km², comprendiendo terrenos de Puente Genil, Lucena, Aguilar de la Frontera y La Rambla.

Los materiales proceden de sedimentos terciarios (Eoceno y Mioceno) formados por margas bastante arcillosas, que a veces son más arenosas y se explotan para la fabricación de ladrillos.

Las técnicas empleadas han sido las siguientes: Análisis químico, capacidad de cambio, análisis térmico diferencial y ponderal, diagramas de difracción de rayos X, análisis mecánico, agua de moldeo, plasticidad (Riecke), secado a 25°C (diagramas de Bourry), contracción por calcinación y resistencia a la compresión.

Se deduce que el componente principal de estas arcillas es la montmorillonita, seguida de caolinita e illita en diversos estados de alteración. En alguna muestra el porcentaje de illita supera al de caolinita. A los minerales citados siguen en interés micas potásicas, óxidos de hierro y de aluminio en diversos grados de hidratación o en forma de geles, cloritas, feldespatos y un cierto porcentaje de cuarzo libre.

Las muestras naturales contienen cantidades importantes de carbonato cálcico, del 30 al 40 %, en grano muy fino.

Las pruebas tecnológicas coinciden en que se trata de materiales naturales de buenas condiciones tecnológicas y económicas para fabricar productos de alfarería y materiales de construcción.

El interés económico de estos yacimientos y el de las industrias cerámicas respectivas se ve favorecido por su situación geográfica en el centro del triángulo Sevilla-Málaga-Córdoba.

SUMMARY

Sixteen samples of clays, interesting from the ceramic viewpoint, from several beds located on the southwest of Cordoba, in the country named Campiña, within an extension of 400 sq. Km. of area, inclu-

ding soils of Puente Genil, Lucena, Aguilar de la Frontera and La Rambla, have been studied. The materials belonging to Tertiary's sediments (Eocene and Miocene) made up of enough argillous chalk, sometimes are very sandy and are used to make bricks.

The following techniques have been used: chemical, mechanical and ponderal thermal analysis, D. T. A., base exchange capacity, X-ray diffraction analysis, plasticity, drying shrinkage at 25° C. (Bourry's diagrams), firing shrinkage and crushing strength in fired bodies.

It is concluded that the main component of these clays is montmorillonite followed by kaolinite and illite in several stages of transformation. In some samples the illite content is higher than that of kaolinite. Muscovite, oxides of iron and aluminium in several stages of hydration or in gels form, chlorites, feldspars and some free silica follow the above mentioned minerals in importance.

The raw materials contain important amounts of calcite of very fine grain; about 30-40 %.

The technological tests suggest that these raw materials have good ceramic properties for pottery's products and building materials.

Location of these beds and their subsequent ceramic industries on the center of the triangle Seville-Malaga-Cordoba, increase their economic considerations.

I. Introducción.

En publicaciones anteriores (1), (2), (3), se ha estudiado un conjunto de arcillas procedentes de yacimientos situados en la provincia de Sevilla, empleadas por las industrias cerámicas de la región.

El presente trabajo continúa el plan seguido en dicho estudio con los datos de dieciséis muestras de interés cerámico procedentes de sedimentos, formados por margas bastante arcillosas, situados en el Terciario de Córdoba (Eoceno y Mioceno), dentro del área: Puente Genil, Lucena, Montilla y La Rambla, todos los cuales se encuentran actualmente en explotación por las industrias ladrilleras y alfareras próximas. Con estos sedimentos margosos alternan, a veces, extractos muy silíceos de naturaleza muy distinta y no explotables.

Se describen aquí las propiedades fisicoquímicas y caracteres técnicos principales de estos materiales, en orden a su mejor aplicación práctica.

II. Yacimientos y métodos experimentales.

Los yacimientos que se citan se describen en la tabla I. Su situación se indica en el mapa de la figura 1.

TABLA I
YACIMIENTOS DE ARCILLAS CERAMICAS DE LA CAMPIÑA. CORDOBA

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
Puente Genil. — Miragenil. Cantera de "La Victoria". Fábrica situada en las afueras; carretera de Estepa, margen izquierda del Genil.	El yacimiento está situado en las inmediaciones de la fábrica, parte Oeste. Consiste en un enorme corte orientado al Este, de 50 metros de alto y 100 m. de perímetro. Se toman cuatro muestras. Terciario. Eoceno inferior en el contacto con el aluvial del río Genil. Margas yesíferas de variada compacidad.	Co-1. — Arcilla gris, muy oscura, compacta, llamada "de pie", tomada en la parte más baja del corte, negruzca y con abundantes carbonatos. Se aprecian fósiles blancos de tamaño pequeño. Textura arcillosa.	Para ladrillo hueco y macizo mezclada con las Co-2-3 y 4. Fábrica moderna con horno continuo.
" "	" "	Co-2. — Margas más claras y menos compactas que la Co-1. Tomada en la parte media del corte (parte superior del plano inclinado). Con abundantes carbonatos. Textura arcillo-arenosa. Las vetas de yeso las apartan y venden a los yeseros.	Ladrillos en general en la misma fábrica.
" "	" "	Co-3. — Las margas más flojas del yacimiento. Tomadas a la derecha y en la parte superior del corte. Color amarillo-rojizo con abundantes carbonatos y mucho óxido de hierro. Textura arcillo-arenosa.	Prácticamente es la materia prima exclusiva de ladrillos macizos.

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
" "	" "	Co-4. — Masas blancuzcas muy ligeras, tomadas en la parte superior izquierda del corte, en la meseta superior. Textura arcillolimosa. Con abundantes carbonatos.	Muy buen material para ladrillo hueco.
Lucena. — Venta del Granadino. Carretera de Lucena a Cabra. Km. 4, parte derecha de la carretera, pasada la venta citada.	Gran corte semicircular en explotación, de 80 m. de diámetro y unos 15 metros de potencia. Orientado al NW. La parte extraída ha conducido a una gran explanada alrededor de la cual se va demoliendo la marga. Los frentes de explotación presentan líneas de fractura que recuerdan las diaclasas en las canteras de granito. El corte es muy homogéneo en el aspecto externo de la marga. Eoceno inferior.	Co-5. — Margas blancas compactas muy secas, tomadas en el corte a unos 6 m. de la superficie. Muy abundantes carbonatos. Textura arcillolimosa.	Material empleado en la "Cerámica Egabrense" de Cabra.
Lucena. — Venta del Granadino. Carretera de Lucena a Cabra. Km. 4. A 100 m. de la venta, carril desde ésta.	Amplia trinchera de 10 á 15 m. de ancha y 5 a 8 m. de potencia, con salida hacia el N. La explotación deja atrás los estratos inclinados que buzcan 30° al Este formados por unas masas de desecho no aptas para ladrillos, más amarillas y duras que las que utilizan.	Co-6. — Margas blancas muy secas y compactas, tomadas en el corte y a unos 5 m. de la superficie, en el talud orientado al W. abundantes carbonatos. Textura arcilloarenosa.	Hasta hace cinco años fue explotada por una fábrica de Lucena, que actualmente cuenta con yacimientos propios más próximos.

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
Lucena. — Venta del Granadino. Carretera de Lucena a Cabra. Km. 4. A 100 m. de la venta, carril desde ésta.	Amplia trinchera de 10 a 15 m. de anchura y 5 a 8 m. de potencia. De unos 70 m. de profundidad, con salida hacia el N. La explotación deja atrás los extratos inclinados que buzan 30° al Este formados por unas masas de desecho, inútil para ladrillos más amarillos y duros que las que utilizan.	Co-7. — La caliza dura de desecho del yacimiento. Textura arcillo-limosa; pero la de menor contenido en arcilla de las descritas.	No las tiene.
Lucena. — Carretera de Lucena a Monturque, Km. 6. Carril a la derecha, de pocos metros.	Se trata de un nuevo yacimiento situado en una colina. Se aprecian dos materiales diferentes. Uno graso, más blanco, y otro magro, más amarillento. Se encuentran asimismo vetas silíceas con algo de "caliche" que amontonan aparte y no emplean. Margas muy blancas, compactas y ligeras del Eoceno inferior.	Co-8. — Se trata de las margas más grasas y blancas del yacimiento, tomadas en el ángulo Nordeste del yacimiento, a 1 m. de la superficie. Abundantes carbonatos. Textura arcillo-arenosa.	Ladrillo hueco en fábrica moderna de Lucena.
" "	" "	Co-9. — Las margas magras amarillentas del yacimiento anterior, tomadas en el ángulo Norte. Muy abundantes carbonatos. Textura arcillo-arenosa.	Ladrillo hueco en la misma fábrica.
" "	" "	Co-10. — Vetas silíceas estériles con algo o poco "caliche". Tomada en montón a la entrada. Pocos carbonatos. Textura arenarcillosa.	Desecho de la cantera. Relleno de la pista.

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
Lucena. — Carretera de Lucena a Monturque, Km. 6. Yacimiento a 100 metros del anterior.	Gran corte rectangular con tres años de explotación. de 100 × 50 metros, con dos cortes orientados al S. y E. respectivamente. De 2,5 a 3 m. de potencia en su parte más honda. Bloques de margas blancas muy compactas y poco densas. Eoceno inferior.	Co-11. — Margas blancas de aspecto parecido a las de la muestra Co-8. Tomada en el talud orientado al E. y a 1,50 m. de la superficie superior. Se aprecian vetas de material silíceo de unos 2 cm. que buzan unos 30° al S. Muy abundantes carbonatos. Textura arcillo-limosa.	Ladrillo hueco en la misma industria de Lucena.
Lucena. — Carretera de Lucena a Puente Genil. Barros situados a 300 metros del Km. 4, en un olivar.	Zona circular descargada de las capas superficiales de margas blancas, bajo las que han excavado profundas galerías. Por ellas extraen unos materiales plásticos azules que encuentran desde 8 ó 10 metros en adelante. Las escaleras de entrada son peligrosas por el posible desplome de la bóveda. Encontramos dos cuevas en explotación y los materiales extraídos convenientemente troceados se ponen a secar al aire. Margas blancas y azules. Contacto de varios sedimentos terciarios.	Co-12. — Margas azules que nos recuerdan por su aspecto las que se extraen en la cantera de La Pañoleta (Sevilla). Carbonatos muy abundantes. Textura arcillo-limosa (72 % de arcilla).	Barros empleados en los talleres alfareros de Lucena.
" "	" "	Co-13. — Corresponde a otro tipo de la arcilla plástica del yacimiento. Carbonatos muy abundantes y textura arcillo-arenosa (73,6 % de arcilla). Tomada a 10 m. de profundidad al finalizar la escalera.	Barros empleados en los talleres alfareros de Lucena.

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
Aguilar. — Extremo N. carretera a la estación del ferrocarril, a 1.500 metros en el costado N. de las murallas y muy próximo a la fábrica.	Grandes cortes situados en la vertiente N. de la ciudad, de margas compactas más o menos grasas según profundidad. Una vez arrancadas se transportan con tractores a una tolva donde cargan los camiones. Mioceno.	Co-14. — Barro flojo, tomado en la parte más alta del corte por encima de la tolva entre 4 y 10 m. de distancia a la superficie superior. Abundantes carbonatos. Textura arcillo-arenosa, con ligera superioridad de la primera.	Materia prima en fábrica moderna situada en las proximidades de la cantera.
" "	" "	Co-15. — Barro fuerte, de abajo, tomado en la parte inferior derecha del yacimiento. Carbonatos muy abundantes. Textura arcillo-limosa.	" "
La Rambla. — El Arroyazo. Extremo N. del pueblo, bordeando las últimas casas.	Semicírculo de 200 m. de diámetro orientado al NE., con 10 a 15 m. de potencia por su lado más profundo. Barrero de profundidad comunal. Mioceno.	Co-16. — Material flojo, amarillento, llamado "lima" por los alfareros de la localidad, tomado en el centro del corte. Con muchos carbonatos y textura areno-arcillosa (65 por 100 de arena).	Mezclada con otros materiales más arcillosos se utiliza para cántaros, tejas, tubos de drenaje y otros productos de alfarería. A veces, con el barro de deshecho hacen ladrillos. Existen en la localidad tres fábricas que se dedican a los cántaros y unas cuarenta, más modestas, que fabrican los típicos botijos que dan nombre al pueblo.

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

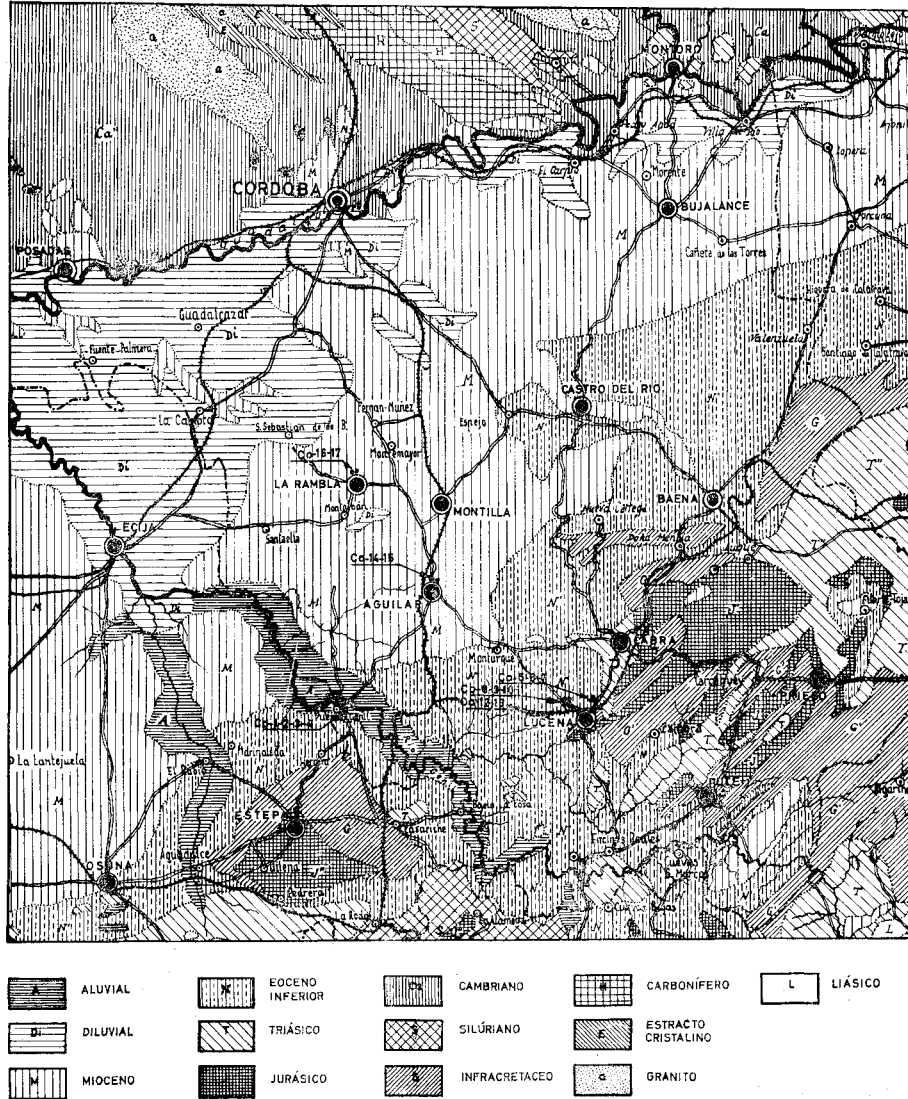


FIG. 1.—Croquis del mapa geológico, $E = 1/400.000$, de la zona en que se encuentran los materiales sedimentarios que se estudian.

a 25° (diagramas de Bourry), contracción por calcinación y resistencia a la compresión. Los métodos seguidos en las determinaciones mecánicas y fisico-químicas fueron los usuales en el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto (4), (5). Los ensayos tecnológicos se realizaron en los laboratorios de la Sección de Silicatos de Sevilla (6) (7).

III. Datos experimentales y discusión.

Los datos del análisis químico y capacidad de cambio de estos materiales se incluyen en la Tabla II. Las figuras 2, 3, 4 y 5 muestran las curvas de deshidratación y los registros de A. T. D., y las Tablas III a y III b los diagramas de difracción de rayos X.

I. DETERMINACIONES FISICOQUÍMICAS

El apreciable contenido de magnesio, que llega a ser del 3,76 % y los medios o altos valores de las razones $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ indican una probable abundancia de minerales montmorilloníticos e ílíticos. El elevado porcentaje de SiO_2 de las muestras Co-2, Co-3, Co-8, Co-10 y Co-14 lo atribuimos a un alto contenido en cuarzo libre; el más bajo de K_2O (entre 1,41 % y 2,49 %) lo relacionamos con la presencia de illita.

La Co-10 destaca entre todas las muestras por su elevado contenido en sílice, mínimos valores de álcalis, alúmina y de la pérdida por calcinación, junto con una total ausencia de calcio, que señala una constitución mineralógica muy diferente al resto de la serie.

La naturaleza margosa de estos yacimientos se confirma por la elevada cantidad de calcio que contienen (desde un 5,14 % hasta un 12,53 %, expresado como CaO, en doce muestras), unido a los altos valores de la pérdida por calcinación, a pesar del prolongado tratamiento a que fueron sometidas para eliminar carbonatos.

La capacidad de cambio es la que cabe esperar de materiales montmorilloníticos e ílíticos, con predominio de los primeros. Sólo cuatro muestras no llegan a los 45 meq./100 gr.; las restantes oscilan entre este valor y 83 meq./100 gr.

El aspecto de las curvas de deshidratación, con una elevada pérdida de agua por debajo de 150° corresponde al de los minerales montmorilloníticos, con excepción de las muestras Co-6, Co-7 y Co-10, en que aquella es inferior. La forma de las dos últimas curvas, con un mínimo contenido en agua reticular, es más propia de materiales cuarzosos o feldespáticos. La pequeña pérdida de peso en la zona de altas temperaturas (800°-900°) que presente la muestra Co-6 puede atribuirse a restos de CO_3Ca no eliminado por completo en el tratamiento previo.

Los registros de A. T. D. confirman la constitución montmorillonítica de las muestras, en especial las números Co-1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 12 y 13. Así se deduce del gran efecto endotérmico a 150° que presentan dichas curvas, seguido de otro mucho más débil (alrededor de los 650-700°) y de un tercero, también endotérmico, en la región de 800°.

TABLE II
ANÁLISIS QUÍMICO Y CAPACIDAD DE CAMBIO.—ARCILLAS CERÁMICAS
DE LA CAMPIÑA DE CORDOBA (*)

Muestra	Co-1	Co-2	Co-3	Co-4	Co-5	Co-6	Co-7	Co-8
SiO ₂	59,86	61,44	67,84	52,66	54,34	52,19	64,18	62,28
Al ₂ O ₃	18,75	15,94	13,16	15,92	13,68	13,69	12,42	14,51
Fe ₂ O ₃	5,63	6,94	4,92	5,57	5,19	5,71	11,34	5,65
TiO ₂	1,03	0,77	0,69	0,79	0,69	0,65	0,49	0,71
CaO	1,26	1,74	4,12	7,94	9,79	11,16	1,03	5,19
MgO	2,71	2,54	0,92	3,41	2,14	2,14	1,71	2,31
K ₂ O	2,04	2,17	1,79	1,88	1,48	1,44	1,00	1,41
Na ₂ O	—	—	—	0,34	0,25	0,25	—	0,26
Pérdida por calci- nación	6,73	6,72	7,15	10,98	12,27	12,45	5,94	7,29
TOTAL	98,01	98,26	100,59	99,69	99,79	99,68	98,11	99,61
H ₂ O ⁻	10,68	10,38	10,41	10,39	8,52	8,97	9,73	11,45
SiO ₂ /R ₂ O ₃	4,63	5,11	6,90	4,60	5,38	5,14	5,53	5,85
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	5,50	6,55	8,54	5,61	6,74	6,48	8,75	7,29
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	28,46	23,23	35,80	25,76	26,59	24,80	15,04	29,61
Capacidad de cambio meq/ 100 g.	44,42	48,92	35,57	76,81	61,43	42,12	41,49	44,11

TABLE II (Continuación)

Muestra	Co-9	Co-10	Co-11	Co-12	Co-13	Co-14	Co-15	Co-16
SiO ₂	54,52	73,72	59,08	43,88	44,89	60,16	51,51	50,65
Al ₂ O ₃	17,67	11,60	13,17	19,16	17,66	11,82	16,91	18,15
Fe ₂ O ₃	6,63	5,60	6,03	6,66	6,87	5,77	9,81	4,90
TiO ₂	0,78	0,74	0,84	0,59	0,92	0,86	0,94	0,78
CaO	7,68	—	7,08	12,53	11,18	7,61	5,14	7,91
MgO	2,10	1,83	1,92	2,71	2,99	2,15	2,70	3,76
K ₂ O	1,76	0,98	1,41	1,70	1,89	1,62	2,00	2,49
Na ₂ O	0,25	0,30	0,44	0,36	0,49	0,54	0,65	0,39
Pérdida por calci- nación	9,42	4,51	9,12	13,79	13,06	9,09	10,68	9,25
TOTAL	100,82	99,28	99,09	101,32	100,15	99,61	100,29	98,26
H ₂ O ⁻	11,79	8,98	9,59	9,74	9,77	9,38	9,48	10,70
SiO ₂ /R ₂ O ₃	4,24	8,33	5,92	3,15	3,46	6,58	3,77	4,05
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	5,24	10,76	7,62	3,88	4,31	8,63	5,16	4,73
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	22,13	35,05	26,57	17,04	17,37	27,80	14,05	28,09
Capacidad de cambio meq/ 100 g.	59,23	45,05	47,02	57,94	77,68	62,33	83,30	51,33

(*) Datos sobre muestras en las que se eliminó materia orgánica y carbonato cálcico. La proporción de CO₃Ca en la arcilla bruta varía entre 29 y 44 % en 14 muestras (Tabla IV).

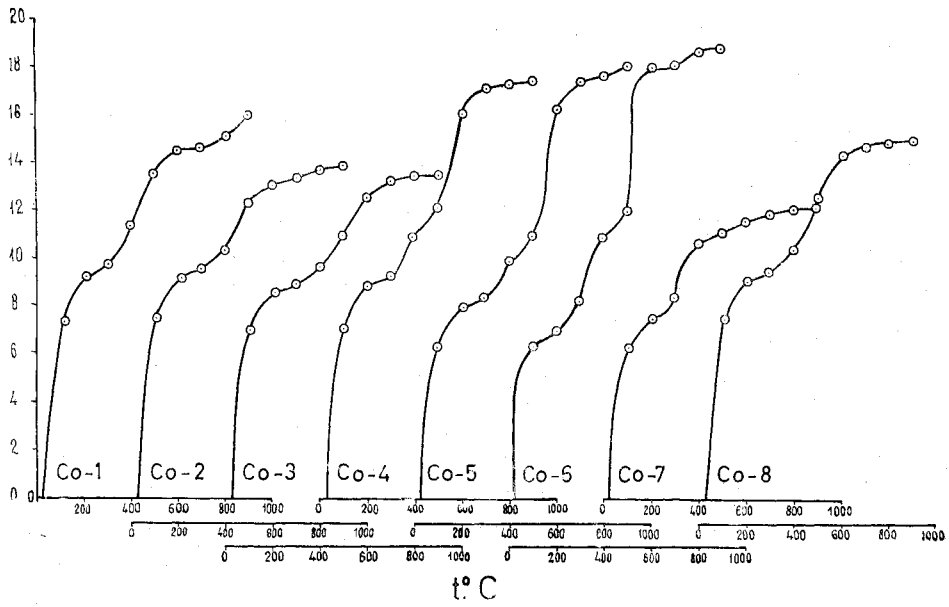


FIG. 2.—Curvas de análisis térmico ponderal de las muestras de La Campiña. Córdoba.

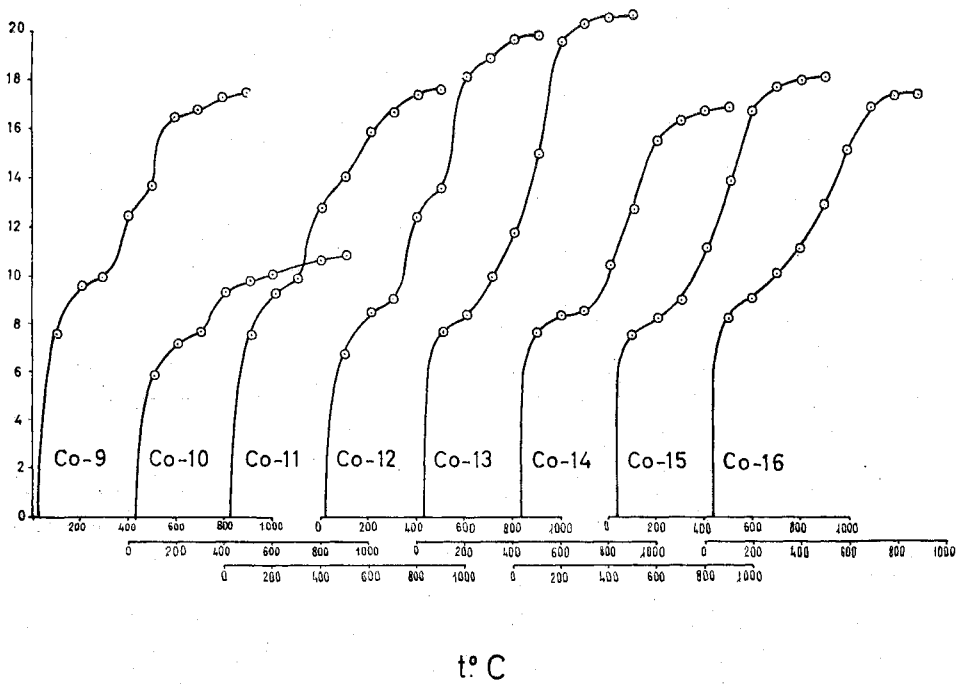


FIG. 3.—Curvas de análisis térmico ponderal de las muestras de La Campiña. Córdoba. (Conclusión)

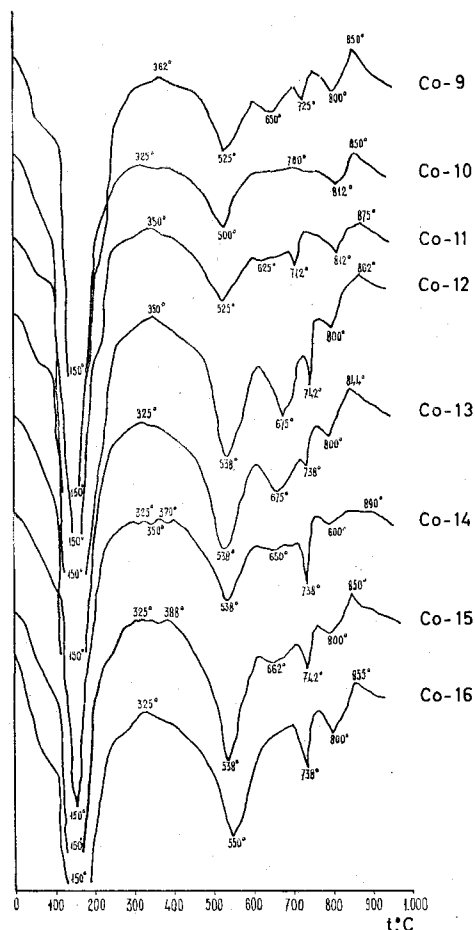
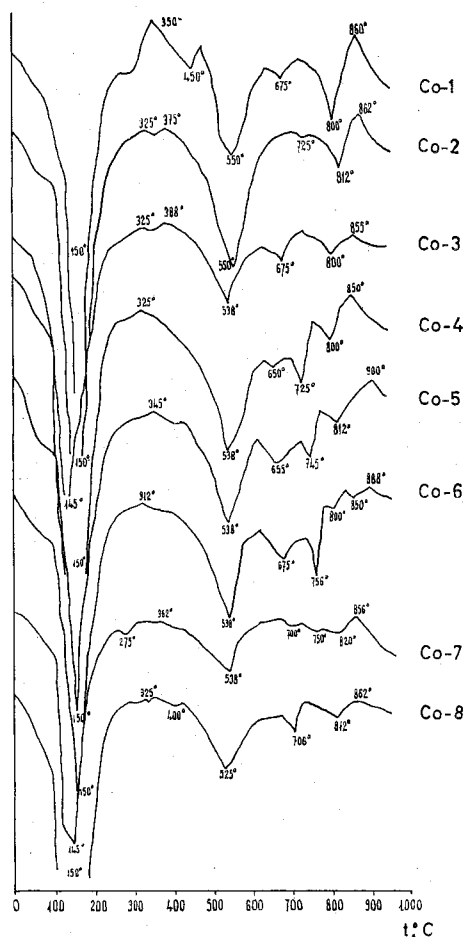


FIG. 4.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras de La Campiña. Córdoba.

FIG. 5.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras de La Campiña. Córdoba. (Conclusión.)

La presencia de ilita y caolinita en especial de la primera, en muchos materiales se muestra por un pronunciado efecto endotérmico en la zona de 525°-550°. Un destacado efecto exotérmico en la zona de altas temperaturas confirma la caolinita (muestras Co-5, 6, 7, 12, 13 y 15).

El efecto endotérmico en la región 300°-400° de una gran parte de las muestras (Co-1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 15 y 16) es propio de hierro goethítico, si bien en alguna queda reducido a una simple inflexión.

La Co-8, Co-14 y Co-15 presentan más de un efecto endotérmico en esta

TABLA III a
DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE LA CAMPIÑA DE CÓRDOBA

Co-1		Co-2		Co-3		Co-4		Co-5		Co-6		Co-7		Co-8	
dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I
15,77	100	15,36	98	14,97	71	15,10	100	15,23	92	14,85	100	14,72	12	15,63	99
14,48	76	14,13	100	14,25	68	14,36	97	14,36	100	10,52	8	11,86	54	14,72	100
10,04	12	10,10	14	10,58	3	10,40	17	10,04	13	6,91	44	10,46	15	6,91	9
7,08	27	7,97	6	9,93	7	7,46	54	7,22	38	6,04	22	8,19	33	6,15	9
4,93	21	7,10	14	7,25	38	7,08	63	6,15	31	5,64	26	7,50	51	4,91	5
4,44	69	6,83	13	7,08	44	6,70	36	4,88	21	5,06	25	7,02	74	4,45	94
3,48	27	6,46	12	6,32	31	5,64	39	4,45	93	4,84	38	6,63	65	4,27	88
3,32	34	5,24	16	4,46	100	5,50	35	4,08	57	4,45	46	6,00	43	3,81	36
3,18	22	4,94	19	4,34	55	5,23	25	3,83	52	4,25	72	5,20	45	3,65	35
2,55	50	4,41	53	3,82	90	4,45	89	3,70	53	4,19	26	4,93	35	3,32	35
2,44	20	4,21	27	3,33	53	4,24	86	3,32	43	3,32	22	4,45	92	3,03	31
2,12	6	3,34	29	3,03	36	3,95	25	3,03	62	3,02	44	4,15	100	2,79	7
1,67	6	3,20	12	2,77	23	3,84	39	2,80	17	2,55	62	3,91	36	2,67	11
1,53	7	3,07	32	2,56	60	3,50	52	2,55	66	2,49	66	3,83	33	2,55	36
1,49	26	2,56	43	2,27	20	3,33	43	2,48	34	2,39	21	3,55	37	2,48	23
		1,81	2	2,17	10	3,03	40	2,27	23	2,34	15	3,32	54	2,37	10
		1,65	9	1,67	12	2,55	73	2,09	20	2,28	25	2,86	14	2,27	14
		1,50	26	1,50	52	2,27	17	1,92	29	2,08	13	2,56	53	2,21	5
						2,27	17	1,87	23	1,91	23	2,40	17	2,09	11
						2,08	14	1,81	10	1,87	22	2,35	32	1,91	10
						1,90	26	1,80	9	1,69	13	2,13	15	1,73	5
						1,87	9	1,70	8	1,62	14	2,01	7	1,68	9
						1,81	5	1,60	27	1,59	21	1,82	7	1,59	13
						1,71	25	1,50	40	1,505	47	1,68	6	1,494	42
						1,66	6	1,496	53			1,57	4		
						1,62	13					1,54	5		
						1,51	35					1,50	21		
						1,50	46								

TABLA III b
DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE LA CAMPEÑA DE CÓRDOBA

Co-9		Co-10		Co-11		Co-12		Co-13		Co-14		Co-15		Co-16	
dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I
14,72	100	15,77	14	14,72	99	14,72	100	15,92	100	16,06	34	15,36	81	15,23	100
9,76	3	10,16	3	11,33	5	10,10	9	14,97	99	14,72	47	14,48	100	10,52	24
8,62	6	8,54	3	10,28	7	7,83	35	11,55	5	13,38	4	10,71	21	10,04	27
8,19	14	7,76	5	8,97	7	7,10	77	10,04	5	10,16	4	10,04	17	7,08	20
7,66	14	5,71	3	7,56	21	6,37	30	7,02	33	8,80	9	7,90	22	6,51	29
7,22	22	4,57	32	6,80	22	5,48	18	6,46	10	7,80	13	7,56	26	6,21	30
6,04	16	4,28	64	6,55	18	5,08	24	5,02	27	7,02	39	7,08	23	5,71	23
5,84	11	4,09	100	6,30	12	4,44	73	4,48	73	6,37	24	5,64	32	5,37	11
4,90	13	3,86	22	5,81	13	3,83	24	4,25	23	4,97	16	5,06	12	4,97	25
4,46	73	3,34	11	5,52	17	3,55	28	3,83	25	4,45	100	4,45	97	4,46	79
3,86	15	2,95	4	4,98	18	3,33	33	3,34	36	4,05	22	3,84	43	4,27	39
3,50	12	2,87	5	4,48	100	3,03	64	3,15	22	3,84	24	3,33	49	3,84	24
3,34	26	2,54	16	4,85	63	2,56	51	3,13	65	3,59	20	3,03	59	3,49	27
3,20	24	2,50	16	3,59	41	2,48	27	2,56	55	3,33	31	2,84	19	3,34	45
3,03	39	2,38	5	3,34	41	2,39	12	2,49	32	3,13	39	2,55	69	3,03	33
2,54	31	2,17	3	3,19	16	2,27	21	2,28	25	2,56	41	2,49	34	2,78	8
2,27	8	1,64	3	3,03	55	2,08	17	2,22	13	2,48	21	2,27	24	2,55	50
2,08	8	1,50	10	2,79	15	1,91	18	2,09	15	2,27	15	2,09	20	2,49	19
1,92	8			2,55	48	1,87	16	1,91	14	2,09	11	1,92	19	2,41	13
1,87	6			2,28	14	1,60	11	1,87	15	1,91	12	1,87	17	2,27	8
1,50	15			2,09	11	1,50	14	1,68	13	1,87	10	1,500	20	2,19	6
				1,98	7			1,60	12	1,68	6	1,493	19	1,91	9
				1,92	14			1,60	6	1,56	14			1,87	10
				1,89	25			1,50	38	1,54	17			1,73	6
				1,74	7									1,505	17
				1,50	21									1,498	20

región, que atribuimos a la presencia de gibsita (u otros óxidos de aluminio o hierro). Destaca el fuerte efecto endotérmico a 450° que presenta la muestra Co-1, debido posiblemente a diasporo o bohemita.

Nueve muestras destacan por su contenido en materia orgánica (efecto exotérmico alrededor de 350°), no destruida totalmente en el tratamiento previo, y el CO₂Ca no eliminado se manifiesta en los registros de las curvas Co-4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 14 y 15 por un acusado efecto endotérmico en la región 740°-750° C.

Los diagramas de difracción de rayos X establecen la gran analogía que existe en la composición mineralógica de estos materiales, si exceptuamos las muestras Co-7 y Co-10.

La montmorillonita es el componente principal de estas arcillas, según se desprende de la fuerte intensidad de la línea de 14 Å y espaciados mayores. También se encuentran las restantes líneas de montmorillonoides, como las de 4,45-4,60 Å (MF); 2,55-2,60 Å (M a F); 1,66-1,74 Å (MD a D); 1,49-1,50 Å (M a F) y los sucesivos órdenes de reflexión basal.

La illita, en diversos grados de alteración hacia minerales montmorilloníticos se encuentra bien representada en estas muestras, aunque en menor proporción que la montmorillonita, ya que la línea de 10 Å, propia de las micas e illitas, es de intensidad MD ó D. Asimismo, se encuentran presentes las restantes líneas de illita: 4,93-4,97 Å (D a M); 4,45-4,48 Å (F a MF); 2,55-2,56 Å (F) y 1,49-1,50 Å (D a M.)

La caolinita se comprueba por sus espaciados característicos a 7,1-7,2 Å (M a F); 3,57-3,58 Å (D a M) presente en pocos diagramas; 2,52-2,55 Å (M a F); 2,49-2,50 Å (D a M); 2,28 Å (D a M); 1,49 Å (D a M) y otros órdenes de reflexión basal. En algunas muestras el espaciado 001 parece corresponder a meta-haloisita más bien que a caolinita (línea de 7,46 a 7,56 Å) en las muestras Co-4, Co-11 y Co-15. En resumen, se confirma la presencia de caolinita en los materiales números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15 y 16.

La casi totalidad de los diagramas presenta todas las líneas típicas de la calcita; una confirmación de lo que hemos establecido al comentar los diagramas de A. T. D.

Finalmente, se aprecia la existencia de líneas de clorita en algunas muestras (números 1, 5, 7, 10, 12, 14 y 15), además de las correspondientes a óxidos de aluminio en diversos grados de hidratación y de algunas líneas típicas de feldespatos. No se aprecia la presencia de yeso ni de hierro goethítico por los diagramas de difracción de rayos X.

La muestra Co-7 que está constituida por el desecho de la cantera entre

Lucena y Cabra, contiene caolinita en primer lugar, como se desprende de la gran intensidad de las líneas de 7,02 Å y los sucesivos espaciados basales.

Los materiales micáceos, especialmente la moscovita, se presentan en esta muestra con gran variedad de líneas y asignamos las de 11,86 Å y 10,46 Å (F y D respectivamente) a la presencia de hidromicas. La línea muy intensa de 4,15 Å la atribuimos al hierro goethítico (y al feldespato, cuya presencia se manifiesta por las restantes líneas típicas). Numerosas e intensas se presentan las líneas de cloritas y es posible que exista una cierta proporción de cuarzo.

La muestra Co-10, que también es un material no aprovechable en la cantera que explota las arcillas Co-8 y Co-9, presenta las líneas de la moscovita en proporción escasa; no contiene calcita, pero abundan los feldespatos, seguidos de montmorillonita, óxidos de hierro y aluminio, cloritas y algo de yeso.

A pesar del alto contenido en SiO₂ que dan los análisis químicos, no se aprecia, por los diagramas de rayos X, proporción importante de cuarzo libre en las arcillas que se estudian.

* * *

En resumen, del estudio fisicoquímico de la fracción arcilla extraída de estos materiales, después de un prolongado tratamiento de eliminación de carbonatos y materia orgánica, se desprende que, con excepción de las muestras Co-7 y Co-10, los minerales principales son montmorillonita y minerales de su grupo, seguidos de caolinita e ilitas en diversos grados de alteración. En alguna muestra (Co-2, 15 y 16) creemos que la proporción de ilita iguala o supera a la de caolinita.

A los minerales citados siguen en interés: micas potásicas, óxidos de hierro y de aluminio más o menos hidratados, o en forma de geles, cloritas, feldespatos y otros, entre los que la calcita se encuentra en proporción importante en todas las muestras, a pesar del tratamiento seguido para eliminar carbonatos. En ningún caso se ha encontrado yeso y el cuarzo libre no parece existir en cantidad notable.

La muestra Co-7 se diferencia del grupo anterior por la leve proporción de montmorillonita que contiene y la ausencia de calcita. Por el contrario, es rica en caolinita, hidromicas, hierro goethítico y clorita.

La muestra Co-10, que tampoco contiene calcita, es rica en feldespatos seguidos de montmorillonita, óxidos de hierro y de aluminio, cloritas, minerales micáceos y yeso.

2. ENSAYOS TÉCNICOS

La Tabla IV incluye los datos correspondientes a los ensayos técnicos realizados en las arcillas brutas, y las figuras 6, 7, 8 y 9 muestran los diagramas de secado a la temperatura de 25°C y las curvas de calcinación de las mismas referidas a la muestra seca a dicha temperatura.

Análisis mecánico.

El análisis mecánico de los materiales naturales arroja altos valores de carbonatos de acuerdo con su origen geológico. El contenido en CO_3Ca es superior al 30 % en todas las muestras, si exceptuamos las Co-7 y Co-10 que difieren del grupo general (desecho de las canteras en explotación).

Con excepción de las Co-7, 10, 14 y 16, son marcadamente arcillosas, siendo la arena o el limo, indistintamente, el segundo componente. La humedad oscila entre 2,80 % y 4,50 %, bastante menor que la de las arcillas de La Campiña sevillana (2).

Plasticidad.

Los valores del agua de moldeo son bastantes altos, de acuerdo con su textura fuertemente arcillosa y la plasticidad es elevada en la casi totalidad de las muestras, por idéntica razón. En diez de ellas el índice de Riecke es superior a 19, dos presentan valores alrededor de 13 y las cuatro restantes oscilan entre 1,11 y 5,49. Era de esperar que los valores mínimos correspondieran a las muestras de textura más arenosa.

Desecación.

Por el secado a temperatura ambiente (25°C) contraen del 10 al 20 % diez de las muestras. Presentan casi todas una curva de pendiente uniforme y adquieren volumen constante en las primeras 48 horas. La porosidad varía entre límites más amplios según textura y composición mineralógica y la eliminación de agua es casi total en las primeras 72 horas. Manteniendo constante la temperatura y evitando las variaciones bruscas en el grado de humedad se obtienen materiales secos desprovistos de grietas y roturas.

Contracción por calcinación.

La contracción de volumen por efecto de la calcinación varía entre amplios límites. Una muestra, Co-3, se redujo en un 37,60 % por sinterización; diez experimentaron una contracción del 7,63 % al 18,57 %; las Co-7, Co-10 y

TABLA IV

ENSAYOS TECNOLÓGICOS DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE LA CAMPIÑA DE CÓRDOBA

ENSAYOS	Co-1	Co-2	Co-3	Co-4	Co-5	Co-6	Co-7	Co-8	Co-9	Co-10	Co-11	Co-12	Co-13	Co-14	Co-15	Co-16
<i>Análisis mecánico.</i>																
% de humedad . . .	2,80	4,40	2,90	3,90	4,30	4,40	3,60	4,50	3,40	3,30	4,40	3,90	3,70	3,80	4,50	4,10
% de arena gruesa .	4,70	3,90	4,90	4,20	6,50	7,10	4,30	8,10	12,10	46,90	3,80	4,10	2,20	4,20	2,90	8,60
% de arena fina . . .	15,10	16,30	15,80	6,20	11,40	17,50	21,20	12,30	7,40	16,80	10,10	6,60	15,40	31,60	12,20	56,70
% de limo	11,60	14,20	11,60	20,30	19,60	14,10	29,50	12,80	18,10	8,10	15,20	15,80	7,90	19,10	17,00	8,80
% de arcilla	67,20	65,20	67,10	67,40	62,10	60,80	45,10	66,30	61,20	26,90	69,70	72,40	73,60	44,60	66,20	24,60
% de carbonatos . . .	36	34	30	29	36	31	9	34	39	12	37	38	44	31	37	35
<i>Agua de desleimiento.</i>																
cc. de agua/100 gr. de muestra	42	54	78	63	67	64	37	73	47	28	68	40	42	86	48	24
% de agua en muestra seca a 100°C	29,57	35,06	43,82	38,65	40,11	39,02	27,00	42,19	31,97	21,87	40,47	28,57	29,57	46,23	32,43	19,35
<i>Plasticidad.</i>																
Límite de adherencia.	43,35	32,31	80,42	59,06	58,27	65,46	78,14	74,34	56,10	29,35	59,13	42,68	43,43	92,51	52,66	22,81
Límite de arrollamiento	23,42	27,45	45,73	33,69	52,78	42,70	64,76	51,79	37,00	27,66	45,42	21,49	19,29	66,42	26,34	21,70
Índice de Riecke	19,93	4,86	34,69	25,37	5,49	22,76	13,38	22,55	19,10	1,69	13,71	21,19	24,14	26,09	26,32	1,11
Resistencia a la compresión: Kg/cm ² .	297,6	339,6	370,3	243,8	221,8	206,8	—	117,4	209,8	57,7	114,8	215,8	233,3	168,7	314,5	—

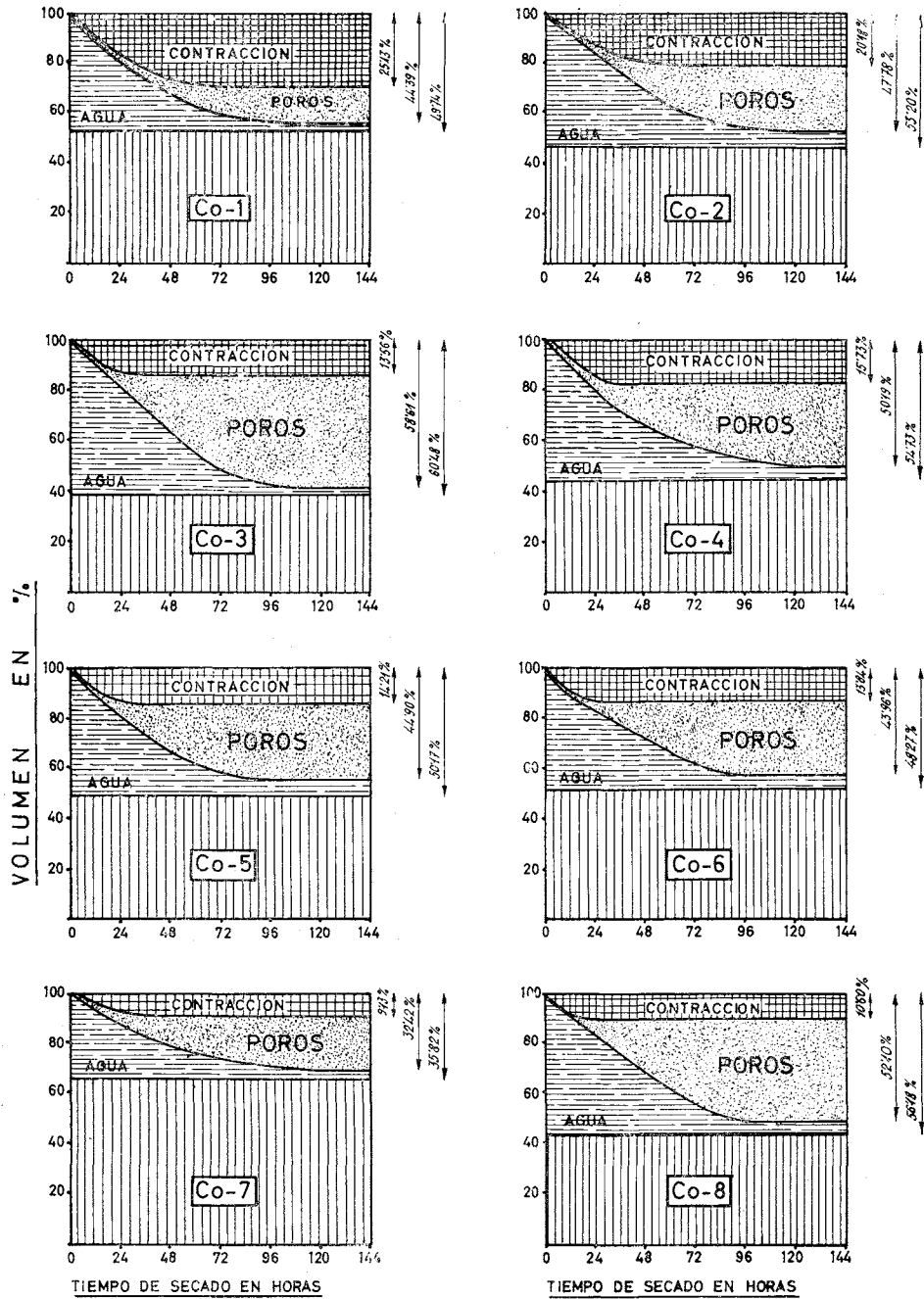


FIG. 6.—Diagramas de secado 25°C de las muestras sedimentarias que se estudian.

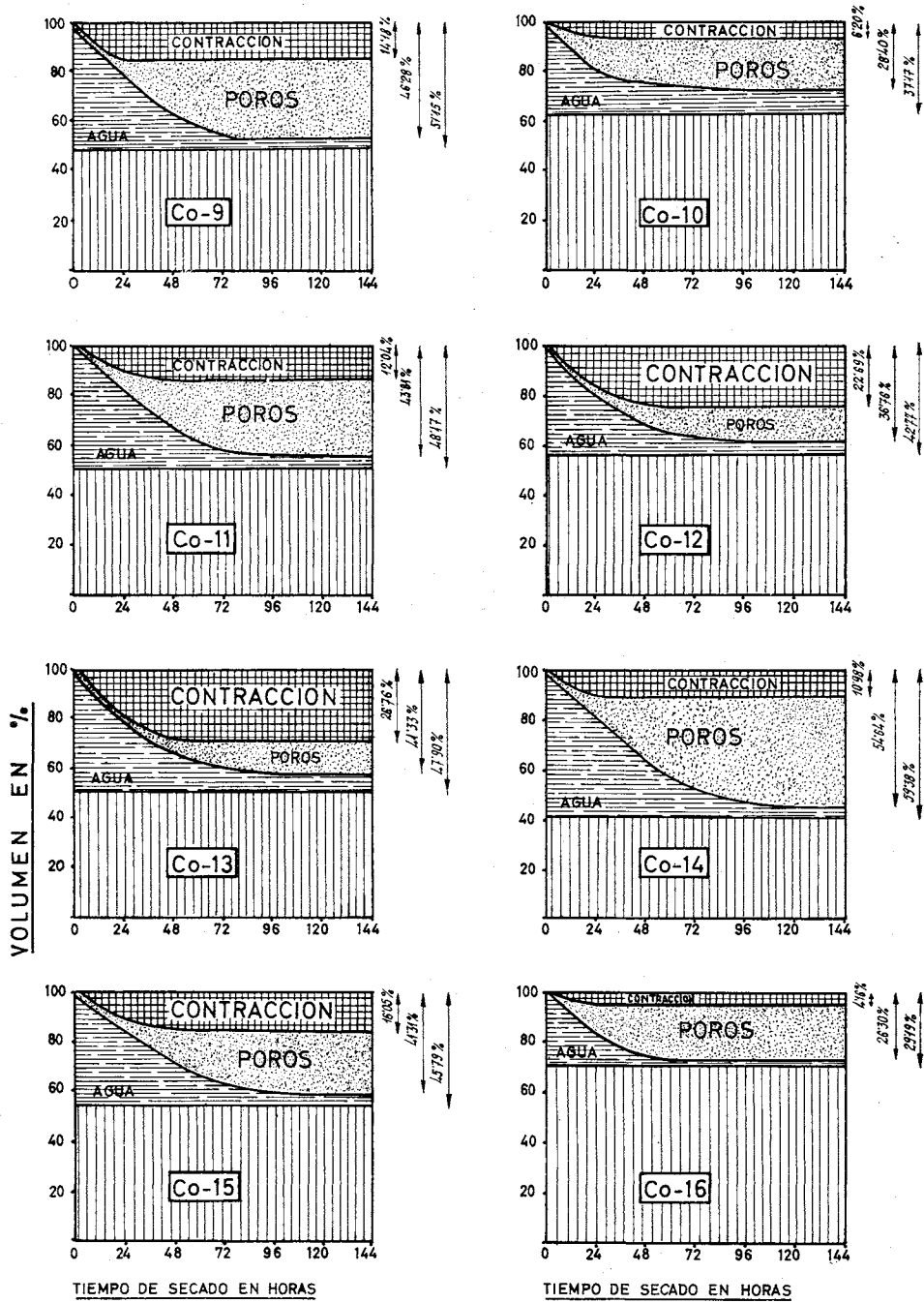


FIG. 7.—Diagramas de secado 25°C de las muestras sedimentarias que se estudian. (Conclusión)

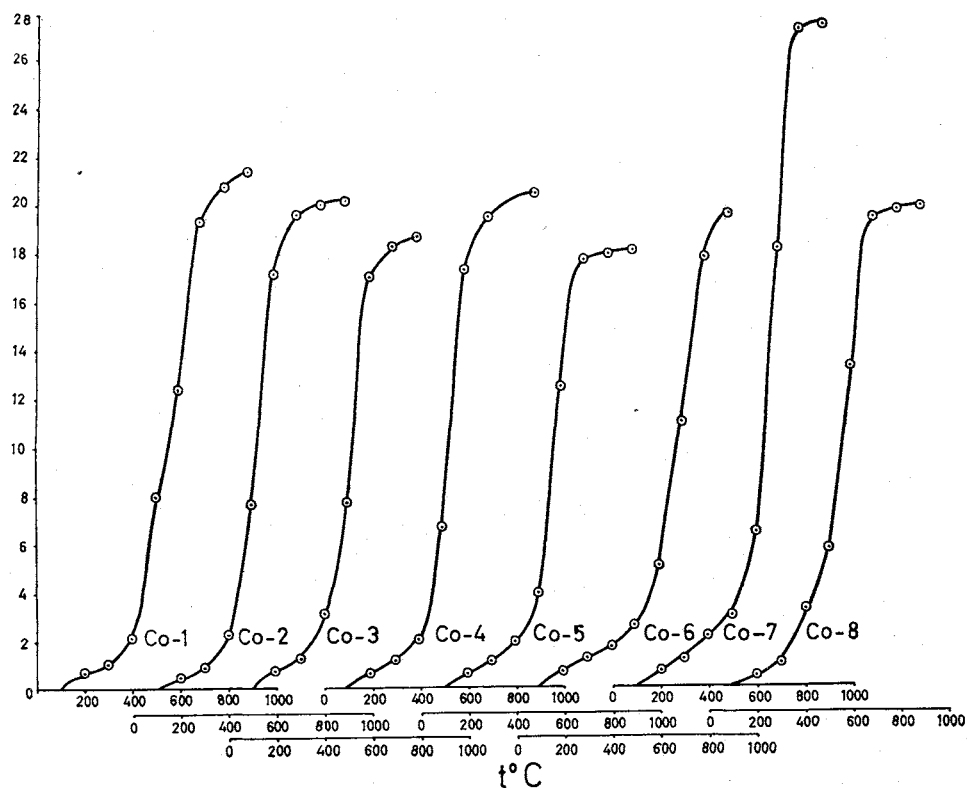


FIG. 8.—Curvas de calcinación de las probetas de las muestras naturales.

Co-12 no llegaron al 3,17 % y solamente la Co-16 experimentó dilatación (3,79 %).

El alto contenido en carbonatos (del 29 % al 44 %) de estas muestras es el principal responsable del comportamiento de las probetas durante la calcinación. Con esta observación y la de que la arcilla no es el único componente que existe en las muestras brutas, se explica el contraste existente en el aspecto de las curvas de deshidratación de las muestras brutas y las de la arcilla exenta de carbonatos. De todas formas existe un cierto paralelismo en ambas series. Se exceptúa la Co-7, cuya muestra natural experimenta una alta pérdida de peso en la región de 600°-800° C.

El resto de las probetas experimenta una pérdida de peso del 18 % al 22 %. Se exceptúa la Co-10, que no llega al 10 % y cuya curva presenta el aspecto típico de los materiales cuarzosos.

Por efecto de la cocción a 900°-950° C la mayor parte de las muestras presenta una tonalidad hueso uniforme, están exentas de grietas y no se aprecia en ellas sinterización, excepto la Co-3.

La muestra Co-10 adquiere a 900° C un color rojo ladrillo y el aspecto poroso que se aprecia en los materiales refractarios.

Por último, las muestras Co-7 y Co-16 absorbieron la humedad ambiente a su salida del horno y se disgregaron en pocas horas.

Resistencia mecánica.

Las medidas de resistencia a la compresión realizadas en las probetas calcinadas a 900°-950° C dieron, en general, valores altos.

Cuatro muestras están, prácticamente, por encima de los 300 Kg/cm², seis oscilan entre 200 y 300 Kg/cm²; tres varían entre 100 y 200 Kg/cm² y una

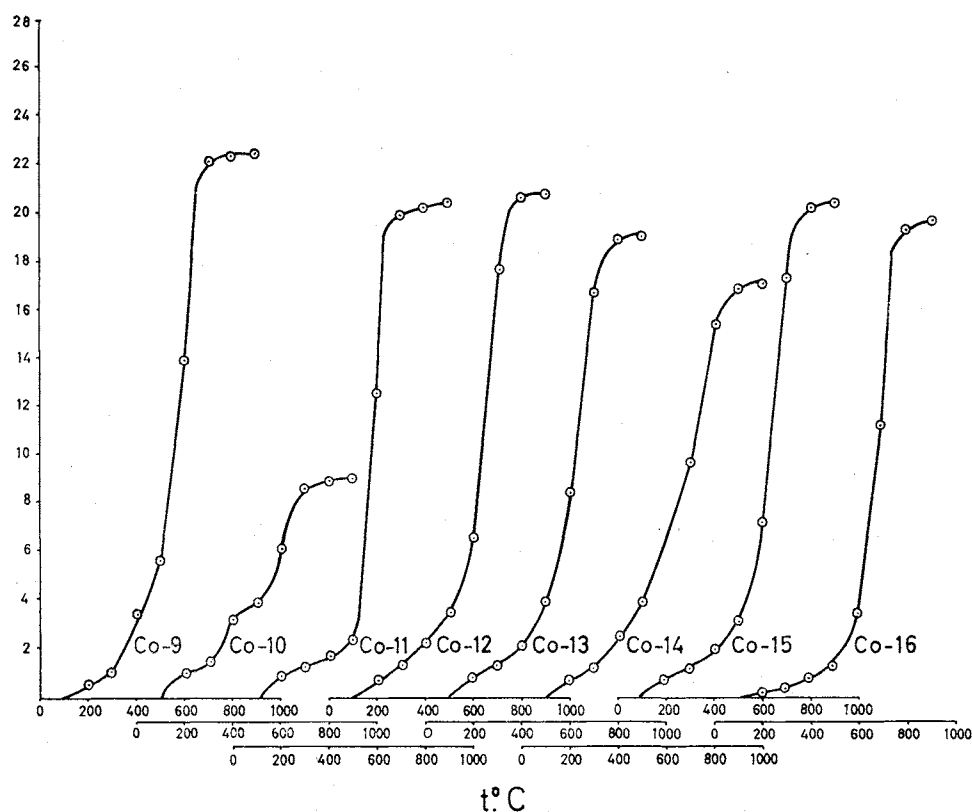


FIG. 9.—Curvas de calcinación de las probetas de las muestras naturales.
(Conclusión)

(Co-10) no superó los 58 Kg/cm², por lo que, en general, podemos considerarlas como materiales de construcción de buena calidad.

* * *

Podemos resumir las anteriores consideraciones en el sentido de que las arcillas sedimentarias de La Campiña de Córdoba, de origen terciario, por su fácil explotación y laborabilidad, elevada plasticidad, adecuada contracción por secado y calcinación hasta 950° C; agradable aspecto y tonalidad del material cocido; ausencia de "caliche" y alta resistencia a la compresión de los materiales calcinados, resultan de buenas cualidades técnicas y económicas para la obtención de productos de alfarería y materiales de construcción adecuados.

La situación geográfica de estos yacimientos y de las correspondientes industrias cerámicas en el centro del triángulo Sevilla-Málaga-Córdoba, incrementan su interés económico.

B I B L I O G R A F I A

- 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". BOLETÍN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CERÁMICA. Vol. 3, núm. 5, septiembre-octubre, 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". BOLETÍN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CERÁMICA. Vol. 4, núm. 1, enero-febrero, 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". En prensa, en el BOLETÍN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CERÁMICA (1965).
- 4) BRINDLEY, G. W.: "X-ray identification and crystal structure of clay minerals". London (1951).
- 5) MACKENZIE: "The differential thermal investigation of clays" (1957).
- 6) ALEIXANDRE, V. y GARCÍA VERDUCH, A.: "Relaciones entre algunas propiedades físicas, químicas y técnicas de las arcillas (I), (II) y (III)". An Edaf. Tomo IX, 537-565 (1950). Tomo X, 207-246 (1951) y tomo X, 327-400 (1951).
- 7) SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CERÁMICA: "Memorias de la 1.^a, 2.^a y 3.^a Semanas de Estudios Cerámicos". Madrid (1963-1965).



..... el mayor proveedor de silicatos de Zirconio de todos tipos en toda Europa Occidental.



ZIRCON DIVISION 

ASSOCIATED LEAD

ASSOCIATED LEAD MANUFACTURERS LIMITED • ZIRCON DIVISION • CRESCENT HOUSE • NEWCASTLE-ON-TYNE 1

Agentes en España: **GUZMAN, S.A.** AVENIDA DEL OESTE, 48 — VALENCIA
PELAYO, 42 — BARCELONA
EDIFICIO ESPAÑA — MADRID
GREGORIO BALPARDA, 48 — BILBAO