

# Arcillas cerámicas de Andalucía

## VII.-a) Yacimientos terciarios de La Campiña de Córdoba (conclusión). - b) Yacimientos terciarios y cuaternarios de las márgenes del Guadalquivir (Córdoba)

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 19 muestras de arcilla de interés cerámico procedentes de varios yacimientos en explotación situados en el sur y centro de la provincia de Córdoba, en las comarcas denominadas Campiña y márgenes del río Guadalquivir, desde Montoro hasta Palma del Río.*

*Los materiales procedentes de la campiña (mioceno y oligoceno), están formados por margas bastante arcillosas, a veces más arenosas y se emplean en la fabricación de ladrillos. Los materiales más plásticos se utilizan en alfarería. Es muy conocida en el sur de España la producción de botijos blancos de La Rambla.*

*Los sedimentos terciarios de las márgenes del Guadalquivir son, frecuentemente, margas azules, análogas a las que se encuentran cercanas al río en la provincia de Sevilla.*

*Las arcillas procedentes de sedimentos aluviales y diluviales del Guadalquivir, muestras Co-24, Co-28, Co-30, Co-31, Co-32 y Co-33, se emplean por las fábricas ladrilleras como desgrasante de otros materiales más plásticos, de origen terciario.*

*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 terciarias son de naturaleza fundamentalmente montmorillonítica, con una elevada participación de caolinita, cuarzo e illita. Como minerales accesorios se encuentran óxidos de hierro y aluminio, en diversos grados de hidratación y micas potásicas.*

*Las arcillas aluviales y diluviales del Guadalquivir contienen illita y montmorillonita, mezcladas o interestratificadas con predominio de*

ilita. Asimismo, micas potásicas, caolinita y cuarzo como minerales secundarios y feldespatos y óxidos hidratados de hierro como accesorios.

Las muestras brutas contienen cantidades medias o altas de calcita en grano fino, sin que este hecho llegue a ser perjudicial para el producto cocido. Las pruebas tecnológicas indican que se trata de materiales naturales, de buenas propiedades tecnológicas para la fabricación de materiales de construcción y en ciertos casos, de productos de alfarería.

La potencia de los yacimientos, su fácil explotación y laboreo, por tratarse de terrenos llanos y bien comunicados, la constancia en la textura y composición mineralógica de la materia bruta, y el estar situados en una comarca de creciente valor industrial, incrementan su interés cerámico.

## SUMMARY

Nineteen samples of clays of ceramic interest, from several beds located in the south and central regions of the province of Córdoba, in the area named «Campiña», and on the banks of the Guadalquivir from Montoro to Palma del Río, have been studied.

The materials from «Campiña» (Miocene and Oligocene) are formed by fairly argillous marls, are sometimes very sandy and are used for making bricks. The more plastic materials are used in pottery-making. The production of white «botijos» from La Rambla in the south of Spain is well known.

The Tertiary sediments from the river banks of the Guadalquivir are frequently blue marls, similar to those located near the river in the Seville province.

The clays from the alluvial and diluvial sediments of the Guadalquivir, samples: Co-24; Co-28; Co-30; Co-31; Co-32 and Co-33, are used by brick factories for mixing with more plastic materials of Tertiary origin.

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 the Tertiary clays are of fundamentally montmorillonitic nature, with a high proportion of kaolinite, quartz and illite. They contain hydrated iron and aluminium oxides and potassic micas, as accessory minerals.

The alluvial and diluvial clays from the Guadalquivir contain illite and montmorillonite, mixed or interstratified with a predominance of illite. Potassic micas, kaolinite and quartz are secondary minerals and feldspar and hydrated iron oxides are accessory minerals.

The raw materials contain medium to high quantities of fine-grained calcite, although this has no harmful effect on fired bodies.

Technological tests suggest that these raw materials have good ceramic properties for the manufacture of building materials and, in some cases, pottery products.

The great depth of these beds, their easy exploitation and working, their situation in flat and well-communicated zones, the constancy of texture and mineralogical composition of the raw materials, and their location in a region of growing industrial importance, increase their ceramic value.

## **I. Introducción**

Continuando la serie de trabajos publicados (1), (2), (3), (4), (5) y (6), ampliamos en éste el de las arcillas cerámicas de Córdoba (4) con las procedentes de los yacimientos en explotación situados en terrenos terciarios y cuaternarios de ambas orillas del Guadalquivir, desde Montoro hasta Palma del Río.

Comprende 15 muestras de sedimentos localizados en Montoro, El Carpio, Villafranca de Córdoba, Villarrubia y Palma del Río, incluyendo los alrededores de la capital. Se estudian además cuatro muestras de sedimentos terciarios de La Rambla, Montilla y Castro del Río, que completan los datos de nuestro trabajo anterior.

Se describen aquí las propiedades fisicoquímicas y caracteres tecnológicos más importantes, en orden a su mejor aplicación práctica.

## **II. Yacimientos y métodos experimentales**

Los yacimientos y muestras se describen en la tabla I. Su situación se señala en el croquis de la figura 1.

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 Cuartito (7), (8), (9) y los ensayos tecnológicos se realizaron en los laboratorios de la Sección de Silicatos de Sevilla.

## **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 2, 3, 4, 5 y 6 muestran las curvas de deshidratación y los registros de A. T. D. y las tablas IV y V los diagramas de difracción de rayos X.

TABLA I

## ARCILLAS CERÁMICAS DE CORDOBA

## a) YACIMIENTOS TERCIARIOS DE LA CAMPIÑA (Conclusión)

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<i>La Rambla.</i> —"La Erilla". Camino vecinal de La Rambla a San Sebastián de los Ballesteros. Kilómetro 0,3, lado derecho.	Trinchera semicircular con orientación SO y cuatro metros de corte. Mioceno.	Co-17. — Arcilla gris muy plástica y compacta, tomada a unos dos metros de la superficie, en uno de los bloques más plásticos, con abundancia de carbonatos. Textura arcillo-limosa.	Empleada solamente para botijos ("porrones") en algunos talleres alfareros de La Rambla.
<i>La Rambla.</i> — "Los Barreros". Carretera de La Rambla a Santaella, 500 metros al O de La Rambla.	Extensa zona de tejares junto a un gran corte en la caliza blanda, de más de diez metros de corte; paralelos al talud y en la margen blanda más gris están los barreros. Mioceno, sedimentos muy profundos.	Co-18. — Arcilla gris plástica, tomada en el corte de la marga blanda que mira al N, en la parte media del talud y a unos 7 m. de la superficie. Este corte tiene unos 130 m. de perímetro y 15 m. de altura, con abundantes carbonatos. Textura arcillo-limosa.	Fabricación de cántaros en las alfarerías de La Rambla. La mayor parte se emplea para ladrillo macizo.
<i>Montilla.</i> — "El Canillo". Carretera de Aguilar, a un kilómetro del cruce de Espejo, lado izquierdo (Este).	Corte de mediana amplitud (unos 50 metros de arco) y 5 m. de profundidad, en medio de viñedos. Próximo al contacto del Mioceno y Trias. (Muschelkak y Keuper).	Co-19. — Margas grises muy plásticas, con filones verticales de yeso. Con carbonatos. Textura arcillo-arenosa.	Ladrillo hueco en fábrica moderna.
<i>Castro del Río.</i> —"Cerro de los Carneros". Carretera a Cabra, unos kilómetros al S del pueblo.	Colina, 50 m. más alta que el pueblo, que empieza a explotarse en superficie. Oligoceno.	Co-20.—Barro de aspecto homogéneo, con vetas de hierro. Textura arcillo-arenosa. Con carbonatos.	Ladrillo hueco en fábrica recién montada. En el pueblo hay 23 tejares moriscos que fabrican ladrillo macizo y toman la arcilla de un barrero más próximo al pueblo.

## b) YACIMIENTOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS DE LAS MÁRGENES DEL GUADALQUIVIR

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
Montoro. — "Pago Lata". Carretera a Bujalance, kilómetro 5.	Nuevo yacimiento en explotación. Corte de 15 m. de perímetro y 3 m. de potencia, con estratos horizontales de yeso. Mioceno.	Co-21. — Barro "fuerte", muy compacto. Con carbonatos. Textura arcillo-limosa.	Ladrillo hueco en fábrica muy moderna de Montoro, mezclando este material con el Co-22 y limos del río.
" "	" "	Co-22. — Material más flojo, tomado en el mismo perfil. Con carbonatos. Textura más gruesa que la anterior.	Ladrillo hueco, mezclado con el anterior y el limo del Guadalquivir.
Montoro. — 50 m. al N de la plaza de toros.	Corte de más de 10 m. de potencia, orientado al S. Con abundantes estratos de carbonato cálcico "caliche", dispuestos horizontalmente, por cuya causa se dejó de explotar. Abundantes fósiles. Mioceno.	Co-23. — Material amarillo claro, con conchas, nódulos y pequeños filones de $Fe_2O_3$ . Con carbonatos. Textura areno-arcillosa.	Ha dejado de explotarse por el exceso de "caliche".
El Carpio. — Riberas del Guadalquivir, próximo al río y a la altura del pueblo.	Cortes variables en el aluvial del lecho del río. La muestra fue tomada en la fábrica.	Co-24. — Material muy suelto, pardo oscuro, con restos de arbustos y raíces y laminillas micáceas. Textura areno arcillosa. Su aspecto es muy semejante a las arcillas sedimentarias de la Vega de Triana, en Sevilla.	Ladrillo hueco y macizo en fábrica moderna de la localidad.
El Carpio. — Camino "La Redonda". 4 Km. al S del pueblo, en la margen izquierda del Guadalquivir.	Corte en las margas azules próximas al río. La muestra fue tomada en la fábrica. Mioceno.	Co-25. — Masa gris clara con tinte amarillento, en grandes trozos de fractura poliédrica y concoide, con carbonatos. Inclusiones de nódulos y vetas de $Fe_2O_3$ . Textura arcillo-limosa.	Material fuerte, mezclado con el anterior en la misma fábrica de El Carpio.

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<p><i>Villafranca de Córdoba.</i> — Cerri- llo "El Tomillar". Orilla izquierda del Guadalquivir, pró- ximo a la carrete- ra de Villafranca a la general, a 100 m. de la orilla del río y a 3 Km. de la fá- brica.</p>	<p>Gran corte en las margas azules de la orilla izquierda del río. Mioceno.</p>	<p>Co-26. — Arcilla muy compacta, de estructura homogé- nea gris clara, pa- recida a pizarra. Fractura concoide, con abundantes car- bonatos. Textura ar- cillo-limosa.</p>	<p>Ladrillo hueco en horno continuo.</p>
<p><i>Córdoba.</i>—"Cam- po de la Verdad". Carretera de Castro del Río. A 1 Km. del puente romano, lado O.</p>	<p>Corte de 30 m. de perímetro por 8 de altura. Orientación NE. Las margas azules son atravesa- das horizontalmen- te por vetas de ye- so. Mioceno.</p>	<p>Co-27. — Masas azules compactas con grandes vetas amarillentas de nód- ulos y filoncillos de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Con fósil- es grandes (con- chas). Abundancia de carbonatos. Tex- tura arcillo-limosa.</p>	<p>Ladrillo hueco. Fábrica muy mo- derna enclavada en la parte S de la ciudad.</p>
<p><i>Córdoba.</i> — Ori- lla izquierda del río, entre 6 y 12 kilómetros al S de la ciudad.</p>	<p>Vegas del Gua- dalquivir. El yaci- miento es cambian- te. Depende de los terrenos que el Ins- tituto de Coloniza- ción va terraple- nando. Aluvial y diluvial.</p>	<p>Co-28. — Bloques aterronados com- pactos, pardo cla- ros, con láminas de mica y materia or- gánica. Con fósiles (caracoles). Aspecto parecido a la muestra Se-2 de la Vega de Triana, Se- villa (1). Textura arenosa.</p>	<p>Ladrillo hueco. Mezclada a la anter- ior como desen- grasante.</p>
<p><i>Córdoba.</i>—"Cam- po de la Verdad". Carretera de Castro del Río, a 1 Km. del puente romano y al E del yacimien- to de la muestra Co-27. Cantera de greda.</p>	<p>Gran corte en ex- plotación de más de 130 m. de períme- tro y 20 m. de fren- te, con aspecto ho- mogéneo y orienta- ción N. No se ob- servan vetas de ye- so. Mioceno.</p>	<p>Co-29. — Margas azules muy compac- tas y homogéneas, tomada a 8 m. de la superficie, con fósiles. Abundantes carbonatos. Textura arcillo-limosa.</p>	<p>Ladrillo hueco en fábrica muy pró- xima.</p>

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<i>Córdoba.</i> — Orilla izquierda del río, al S de Córdoba.	Muestra tomada en la fábrica, procedente del aluvial del Guadalquivir, a menos de 4 m. de profundidad.	Co-30. — Material pardo claro, con abundancia de raicillas y cristales de mica. Con carbonatos. Textura areno-arcillosa.	Para mezclar a la anterior, en ladrillos huecos.
<i>Villarrubia.</i> — Término de Córdoba. "Pago Rapales". Al S de la estación de FC.	Yacimiento de gran extensión de más de 8 m. de profundidad, en el que aparecen cuatro estratos. El superior, de barro fuerte, no calizo, hasta los 4 metros. Otro horizonte calizo hasta los 6 m. Un tercer horizonte arenoso, de 1 m. de espesor y a partir de éste, formación de gravas. Aluvial y diluvial profundo.	Co-31. — "Barro fuerte", que constituye el horizonte superior; color rojo a ocre fuerte, apenas da reacción de carbonatos. Restos muy carbonizados de raíces. Textura areno-arcillosa.	Ladrillo hueco y losetas, muy rojos.
" "	" "	Co-32. — "Lima" aterronada, compacta. Tomada entre 4 y 6 m. de profundidad, con carbonatos. Poca materia orgánica. Textura mucho más arenosa que la anterior.	Para mezclar con la anterior.
<i>Palma del Río.</i> — "El Higueral". 680 metro al SO del pueblo, en un arenal situado a 500 metros al O del Genil.	Vega en fase de terraplenado por cambio de cultivo. Corte de 100 m. de extensión y unos 2 metros de profundidad. Orientación E. Aluvial.	Co-33. -- "Lima" aterronada y fácilmente deleznable, pardo clara, con carbonatos y raíces. Con fósiles de mediano tamaño. Textura areno-arcillosa.	Ladrillo hueco en las fábricas de Palma del Río.

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
Palma del Río.— "Arroyo de Lavadera". Carretera de Carmona; 1 Km. después de pasar el Genil y junto a un acueducto de riego.	Gran cortado en la marga, de más de 15 m. de frente y 150 de perímetro, orientado al O. Se aprecia claramente un estrato de margas amarillas, de 6 a 8 m. de espesor, en la parte superior. Hay otro estrato inferior de margas azules compactas, muy plásticas. Mioceno.	Co-34. — Margas azules muy plásticas del estrato inferior, con carbonatos. Textura arcillo-limosa, exfoliable, en láminas gruesas, sin fósiles y con nódulos de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . Muestra tomada por bajo de los 8 m. del horizonte superior.	Ladrillo hueco en una de las fábricas de Palma del Río.
" "	" "	Co-35. — Bloques amarillos claros, compactos, más calizos que los de la muestra anterior, sin materia orgánica, tomada a menos de 8 m. del horizonte superior. Textura arcillo-limosa.	Ladrillo hueco. Para mezclar a la anterior.

### 1. DETERMINACIONES FISICOQUÍMICAS

#### a) Arcillas terciarias (Campaña y márgenes del Guadalquivir)

Los resultados del análisis químico de las arcillas procedentes de La Campaña de Córdoba (muestras 17, 18, 19 y 20) y las del Terciario de las márgenes del Guadalquivir (muestras 21, 22, 23, 25, 26, 27 y 29), señalan un alto contenido en montmorillonita a juzgar por los valores de las razones molares SiO<sub>2</sub>/R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Esta última oscila entre 3,52 y 5,54 y los valores más frecuentes son superiores a 4.

El alto valor del agua perdida a 100°, así como el relativamente alto porcentaje de Mg, que es de un 3 % en la casi totalidad de las muestras, es indicio de una elevada participación de minerales montmorilloníticos. El potasio os-



cila entre 0,66 y 3 %, predominando los valores inferiores al 2,5 %, lo que excluye una mediana presencia de micas potásicas o de minerales ílticos.

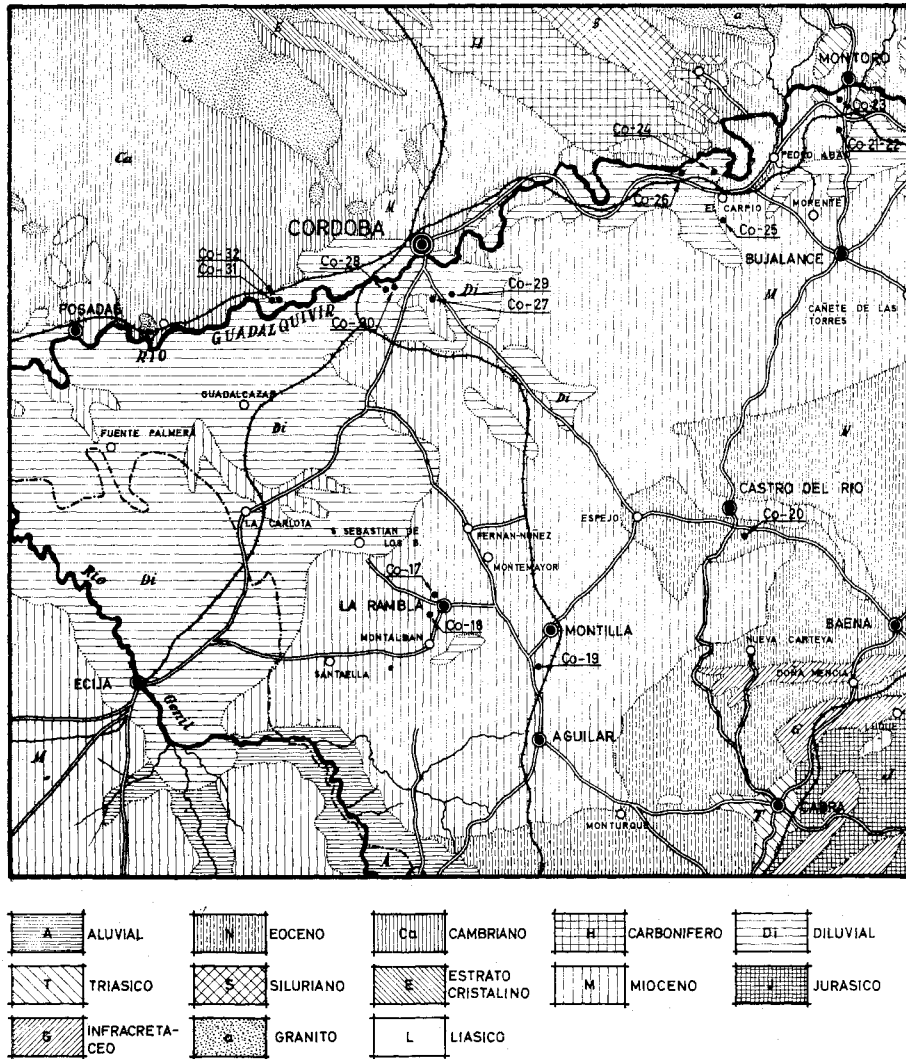


FIG. 1.—Croquis del mapa geológico de la zona en que se encuentran los materiales sedimentarios que se estudian.

Las pérdidas por calcinación alcanzan valores altos, comprendidos entre 7,77 y 12,09 %, lo que está de acuerdo con lo expuesto más arriba. Únicamente la muestra 20 da un valor del 14,10 %, que atribuimos a un resto de car-

bonato cálcico no eliminado en el tratamiento previo. Esta muestra, como es natural, da a su vez el mayor porcentaje de Ca (12,67 %). La muestra 23 da, a su vez, el valor más bajo.

Los valores altos de la capacidad de cambio son del orden que cabe esperar en arcillas montmorilloníticas con cierta proporción de illita.

La muestra número 23, tomada en las inmediaciones de Montoro difiere netamente del grupo, por su mayor contenido en alúmina y hierro, muy bajo en Ca y menor pérdida por calcinación.

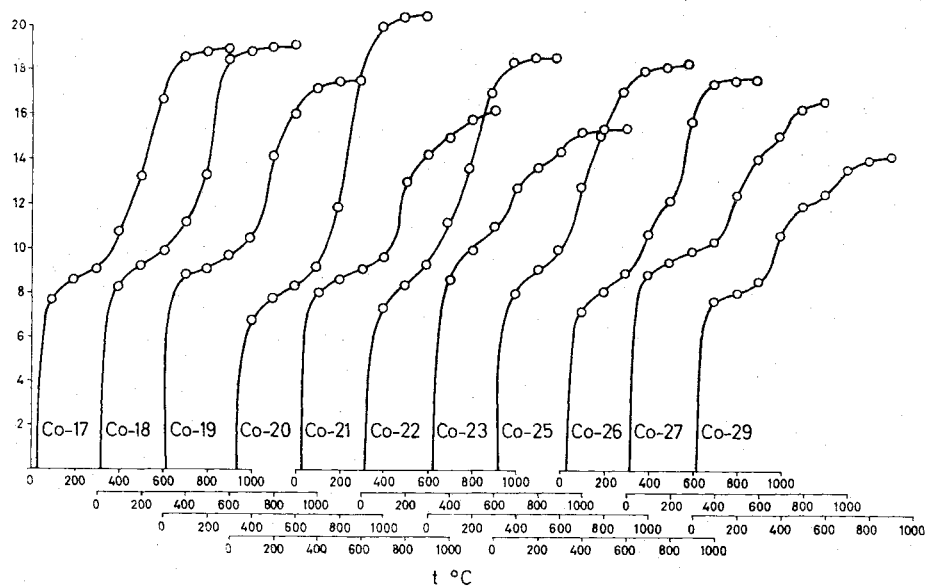


FIG. 2.—Curvas de análisis térmico ponderal de las muestras de La Campiña y márgenes terciarias del Guadalquivir. Córdoba.

El aspecto de las curvas de deshidratación (fig. 2), es el que corresponde a materiales de naturaleza montmorillonítica. En algunas muestras se manifiesta una clara influencia de minerales ílíticos o inertes (muestras 21, 23, 26 y 29), por la mayor inclinación de las curvas, que coincide con un mayor porcentaje de potasio.

La elevada pérdida de peso en la zona de elevadas temperaturas que se aprecia en la curva de la muestra 20 la atribuimos a un anormal contenido de carbonatos no eliminados suficientemente.

Para interpretar los registros de A. T. D. de estas arcillas hemos hecho dos grupos. En la figura 4 (muestras 19, 21, 23, 25, 27 y 29) se incluyen las de naturaleza claramente montmorillonítica.

Un gran efecto endotérmico en la región de 140-150°, con otro también intenso y de mayor amplitud hacia 600° y un tercero más pequeño a 870° seguido inmediatamente de un exotérmico hacia 900° son claro exponente de minerales montmorilloníticos. El pequeño efecto que presentan todas las muestras en la región de 225° lo atribuimos al agua de hidratación de los cationes de cambio.

Las muestras 19, 21, 25 y 27 presentan efectos endotérmicos moderados o débiles a 800°, que atribuimos a la presencia de carbonato cálcico. Alguna

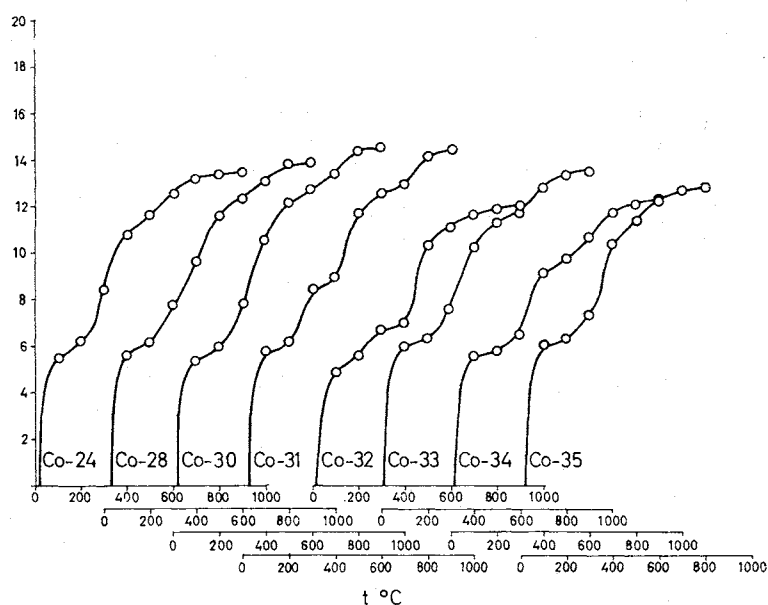


FIG. 3.—Curvas de análisis térmico ponderal de las muestras de naturaleza íltica de los sedimentos terciarios y cuaternarios de las márgenes del Guadalquivir. Córdoba.

muestra, como la número 21, denota presencia de materia orgánica por el efecto exotérmico a 350°.

Un débil efecto exotérmico en la región de 460° de las muestras 19, 21 y 29 podríamos atribuirlo a óxidos de hierro (lepidocrocita). Finalmente, el débil efecto de la conversión del cuarzo a 573° C, se observa en las curvas de las muestras 21, 23, 25, 27 y 29.

En la figura 5 se agrupan los diagramas de A. T. D. de las muestras 17, 18, 20, 22 y 26 (las tres primeras, de La Campiña).

Todas estas curvas muestran dos efectos endotérmicos entre 500° y 750°, el

TABLA II  
ANÁLISIS QUÍMICO Y CAPACIDAD DE CAMBIO.—ARCILLAS SEDIMENTARIAS DE LA CAMPIÑA Y DE LAS MÁRGENES TERCIARIAS DEL GUADAL-  
QUIVIR. CÓRDOBA \*

Muestra	Co-17	Co-18	Co-19	Co-20	Co-21	Co-22	Co-23	Co-25	Co-26	Co-27	Co-29
SiO <sub>2</sub> ... ..	49,51	48,13	50,10	43,06	49,05	44,10	51,25	48,81	46,61	52,21	55,62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	15,18	18,20	17,85	16,28	20,08	21,27	23,98	20,02	21,14	22,69	21,98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	5,38	6,50	7,24	5,04	6,67	6,73	8,34	5,69	5,45	5,38	4,70
TiO <sub>2</sub> ... ..	0,80	0,56	0,73	1,09	0,79	0,77	0,91	0,54	0,67	0,58	0,75
CaO ... ..	10,03	8,00	7,58	12,67	4,59	8,64	2,06	7,69	6,46	4,49	1,06
MgO ... ..	3,33	3,62	2,46	1,91	2,82	1,93	2,04	2,77	2,72	3,28	3,45
K <sub>2</sub> O ... ..	1,13	0,66	0,94	2,76	3,18	2,23	3,02	1,96	2,55	1,93	2,81
Na <sub>2</sub> O ... ..	0,00	0,00	0,00	0,70	1,36	0,30	0,68	0,45	1,52	0,25	0,30
Pérdida por calcinación.	12,09	11,55	11,23	14,10	9,50	12,03	7,05	10,64	10,98	8,70	7,77
Total ... ..	97,45	97,22	98,13	97,61	98,04	98,00	99,33	98,57	98,10	99,51	98,44
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> ... ..	9,50	10,65	10,01	7,26	7,79	8,47	9,58	9,16	8,48	10,19	9,01
SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	4,52	3,66	3,78	3,75	3,42	2,93	2,97	3,51	3,22	3,40	3,78
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	5,54	4,50	4,77	4,50	4,15	3,52	3,63	4,14	3,75	3,91	4,30
SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	24,48	19,71	18,43	22,78	19,60	17,45	16,36	22,85	22,78	25,90	31,56
Capacidad de cambio meq./100 g. ... ..	54,72	48,50	—	48,54	—	62,94	58,48	62,49	62,93	54,52	54,92

\* Datos sobre muestras en las que se eliminaron materia orgánica y carbonato cálcico.

ANÁLISIS QUÍMICO Y CAPACIDAD DE CAMBIO.—ARCILLAS SEDIMENTARIAS DE NATURALEZA ÍLITICA DE LAS MÁRGENES CUATERNARIAS Y Terciarias del Guadalquivir. CÓRDOBA \*

TABLA III

Muestra	Co-24	Co-28	Co-30	Co-31	Co-32	Co-33	Co-34	Co-35
SiO <sub>2</sub> ... ..	50,44	48,20	50,04	47,30	45,47	49,36	51,73	51,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	23,35	23,90	19,36	27,80	28,82	21,91	23,72	24,98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	8,97	8,75	10,67	9,74	9,62	9,20	6,53	8,98
TiO <sub>2</sub> ... ..	0,71	0,80	0,74	1,01	0,76	0,92	1,15	0,84
CaO ... ..	0,60	0,40	0,60	0,30	0,50	0,52	2,14	0,85
MgO ... ..	3,32	3,26	3,19	2,57	3,01	3,07	3,17	3,05
K <sub>2</sub> O ... ..	2,59	3,52	3,54	3,17	3,49	3,79	3,08	2,75
Na <sub>2</sub> O ... ..	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,06
Pérdida por calcinación ...	8,29	8,27	9,23	8,86	7,90	8,35	7,58	7,62
Total ... ..	98,47	97,10	97,37	100,75	99,57	97,12	99,20	100,83
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> ... ..	6,25	5,78	5,77	6,60	5,82	6,42	6,00	6,04
SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	2,95	2,78	3,24	2,36	2,21	3,05	3,15	2,86
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	3,67	3,42	4,39	2,89	2,68	3,83	3,70	3,52
SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	14,92	14,68	12,48	12,94	12,58	14,28	21,08	15,31
Capacidad de cambio meq./100 g. ... ..	59,48	49,78	52,14	57,34	55,21	81,30	66,55	49,56

\* Datos sobre muestras en las que se eliminaron materia orgánica y carbonato cálcico.

primero de mayor intensidad, que atribuimos a mezclas de montmorillonita con minerales ílíticos.

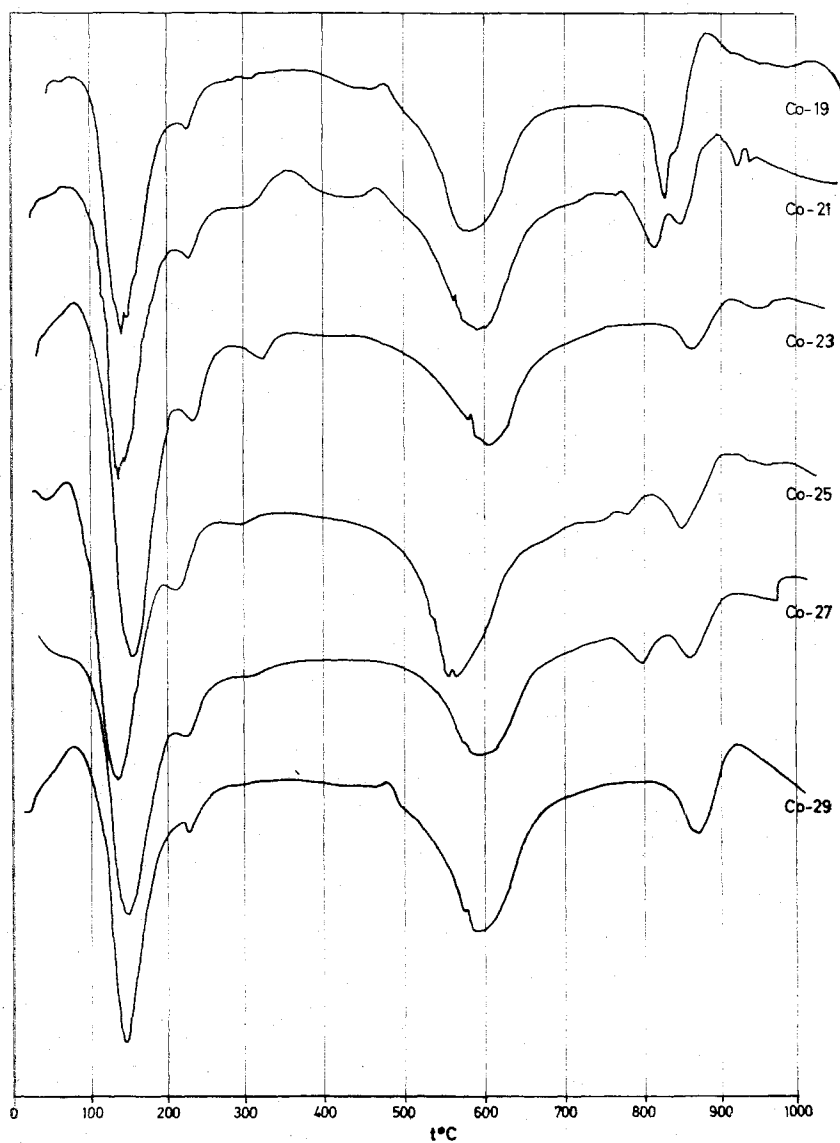


FIG. 4.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras Co-19, Co-21, Co-23, Co-25, Co-27 y Co-29.

Los leves efectos endotérmicos que presentan casi todas las muestras a 800-820° se atribuyen a restos de carbonatos. Se aprecia también el efecto endo-

térmico en la región de 225-250° que hemos asignado antes a los cationes de cambio. Los débiles efectos endotérmicos de las curvas 17, 18, 22 y 26 en la región 300° a 325° pueden ser debidos a los óxidos hidratados de hierro.

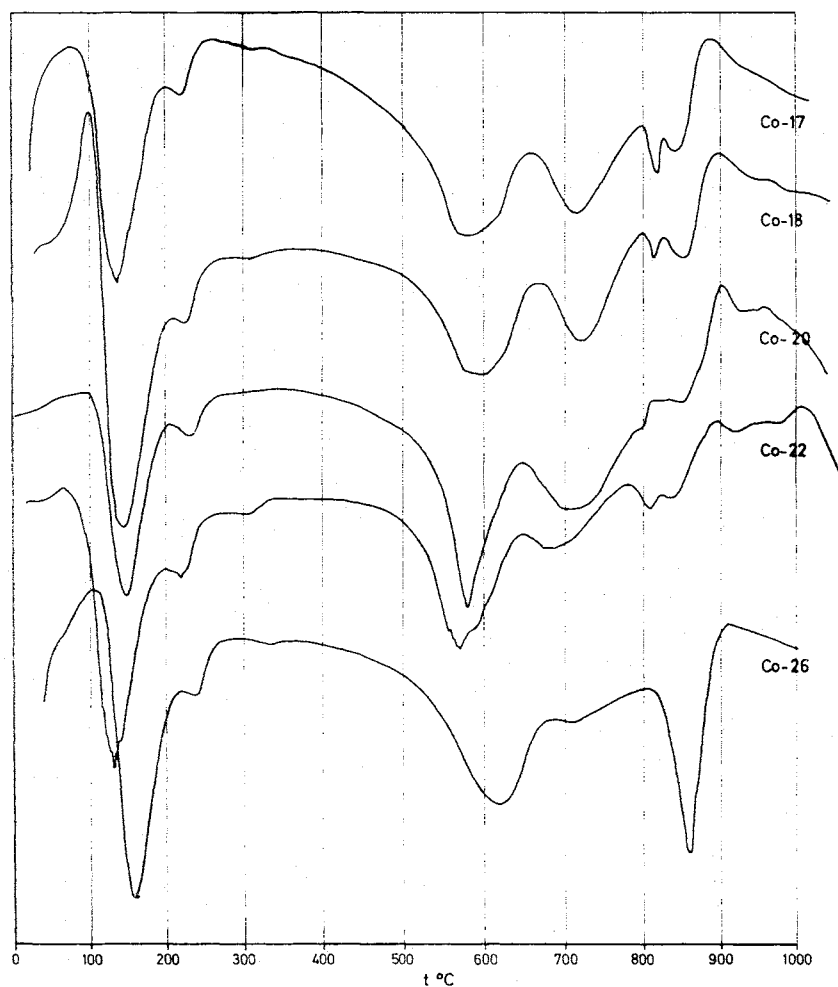


FIG. 5.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras Co-17, Co-18, Co-20, Co-22 y Co-26.

Los diagramas de difracción de rayos X (tabla IV), obtenidos por el método de polvo, revelan que la montmorillonita es el componente principal de estas arcillas, como se desprende de la fuerte intensidad de la línea de 14 Å y espaciados mayores, encontrándose también las restantes líneas de montmorillo-

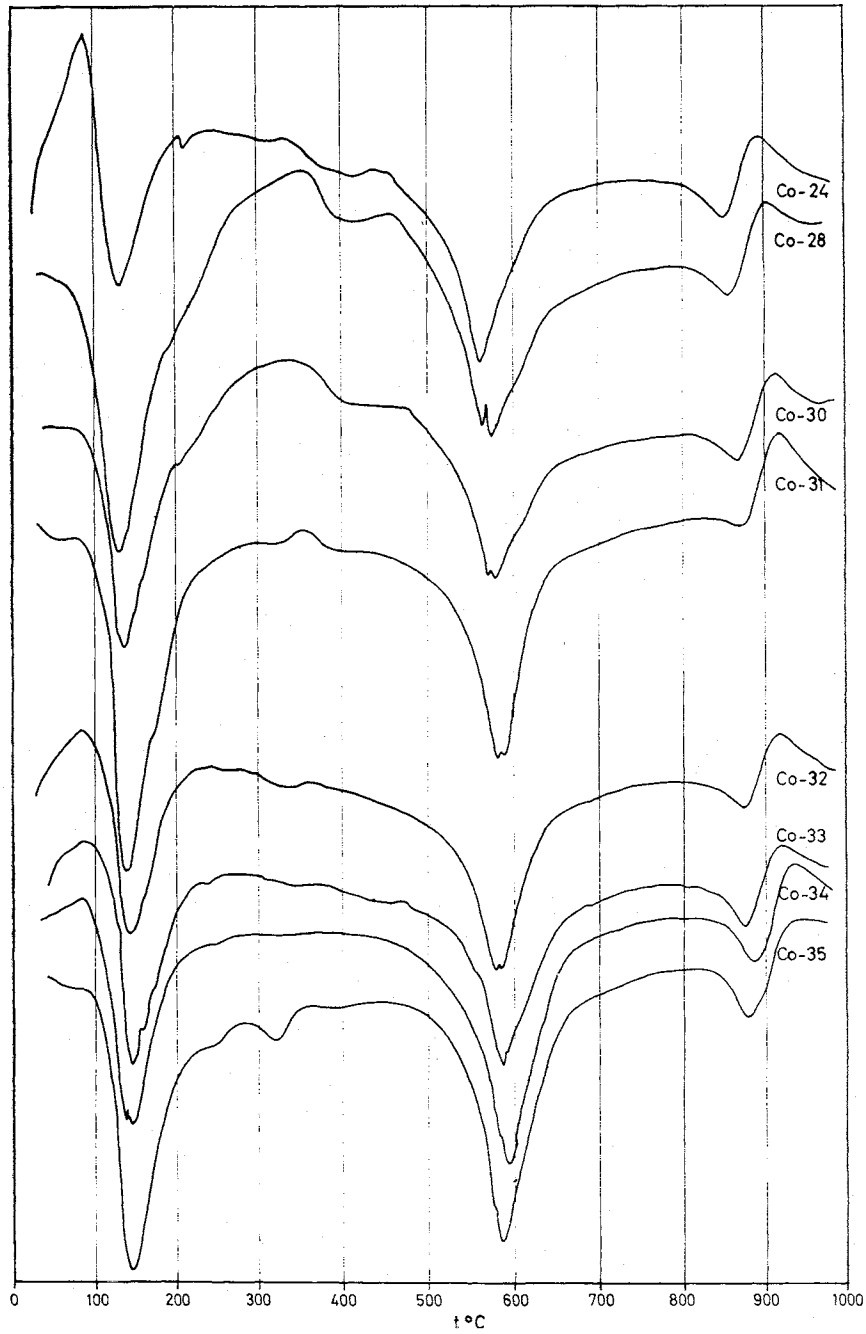


FIG. 6.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras de naturaleza íllica que se estudian: Co-24, Co-28, Co-30, Co-31, Co-32, Co-33, Co-34 y Co-35.



nita, tales como las 4,44 Å (MF); 2,56 Å (M hasta F); 1,66 a 1,69 Å (MD); 1,49 a 1,50 Å (M hasta F) y los sucesivos órdenes de reflexión basal.

Todas estas muestras vienen acompañadas de una pequeña cantidad de ilita, ya que la línea de 10 Å, propia de las micas e ilitas es de baja intensidad. La línea a 4,93-4,97 Å la presentan con intensidad débil hasta media las muestras 17, 18, 21, 22, 23, 26, 27 y 29. La línea de 2,78 Å, sólo achacable a ilita, se observa en un par de muestras (25 y 29) y con débil intensidad. Otras líneas, como las de 2,56 Å, de intensidad variable y las de 1,49-1,50 Å, que se pueden atribuir a ilita están bien representadas en la casi totalidad de las muestras.

La caolinita aparece en proporción muy inferior a los minerales citados. Está ausente en las muestras 17, 19, 23 y 26 y en las restantes es poco abundante, descendiendo por este orden: 29, 18, 25, 21, 29 y 27.

Todas las muestras presentan las líneas típicas del cuarzo: 4,22 Å (M hasta F); 3,34 Å (F); 1,81 Å (MD) y 1,54 Å. Se aprecia un mayor contenido en las arcillas 17, 29, 26, 21, 18, 22 y 19.

Con excepción de la muestra 29 todas contienen cantidades variables de calcita. Se aprecia por las líneas de 3,84 Å (M); 3,02 Å (MF); 2,27 Å (M); 2,08 Å (D hasta M); 1,91 Å (D hasta M) y otras, que está de acuerdo con el contenido en Ca dado por el análisis químico.

La línea a 3,95 Å, exclusiva de moscovita, no aparece en estos diagramas, si bien la de 2,98 Å, que es común también a ilita, se presenta con tal intensidad que suponemos haya cierta participación de mica potásica. Finalmente, desechamos la presencia de hierro goetítico por faltar la línea de 4,15 Å (MF), y la de yeso por no existir sus típicas líneas de difracción.

Respecto a la presencia de cuarzo, ya comentada, hemos de tener en cuenta que la línea de 3,3 Å es asimismo perteneciente a la mica e ilitas, lo que puede explicar la intensidad media hasta fuerte que presenta.

Algunas difracciones sugieren la presencia de sepiolita, especialmente en las muestras 17, 18, 21, 22, 25 y 26, aunque la falta de líneas de difracción típicas de mayor intensidad nos impide sacar conclusiones definitivas.

#### b) *Arcillas cuaternarias (aluvial y diluvial del Guadalquivir)*

El análisis químico de estas arcillas (tabla III), difiere netamente del grupo anterior. Su menor contenido en agua perdida a 100° (que oscila entre 5,77 % y 6,60 %), como también el de la pérdida de peso por calcinación, que es de un 8 % por término medio; el mayor contenido de potasio, superior al 3 % en siete de las ocho muestras estudiadas; la ausencia de sodio y el bajo contenido

TABLA IV

DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS SEDIMENTARIAS DE LA CAMPIÑA Y DE LAS MÁRGENES TERCARIAS DEL GUADALQUIVIR.—CÓRDOBA

Co-17		Co-18		Co-19		Co-20		Co-21		Co-22		Co-23		Co-25		Co-26		Co-27		Co-29	
dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>
14,717	92	16,05	52	15,49	100	15,49	100	15,49	100	15,49	100	15,22	100	14,717	100	15,25	100	14,9	100	16,05	100
10,1	4	14,717	78	10,39	6	8,26	20	10,07	9	10,14	10	10,1	9	7,07	35	9,97	10	9,97	10	14,71	100
4,92	21	10,07	6	6,02	31	5,53	18	7,07	31	7,07	49	4,97	19	5,74	10	7,50	17	7,07	18	9,92	11
4,44	100	7,07	38	4,44	83	4,44	53	4,92	25	4,97	36	4,44	54	4,44	54	5,30	30	4,97	14	7,07	22
4,22	48	4,92	28	4,22	31	4,22	40	4,44	90	4,44	72	4,22	16	4,22	23	4,97	22	4,44	38	5,37	13
3,81	32	4,44	100	3,34	40	3,84	19	4,22	36	4,22	52	3,70	16	3,34	30	4,76	16	4,22	16	4,92	31
3,34	57	4,22	28	3,02	47	3,55	23	3,83	16	3,86	24	3,34	33	3,02	43	4,44	75	3,75	10	4,44	83
3,01	66	3,81	28	2,56	71	3,34	31	3,34	54	3,34	43	3,07	14	2,79	12	4,22	26	3,34	23	4,22	58
2,54	74	3,34	53	2,49	20	3,02	71	3,18	37	3,02	45	2,56	71	2,71	8	3,86	23	3,02	14	3,77	33
2,48	32	3,21	34	2,27	17	2,56	36	3,02	42	2,56	56	2,42	19	2,56	43	3,70	22	2,56	36	3,52	30
2,27	18	3,02	57	2,08	13	2,49	34	2,56	62	2,49	30	2,37	16	2,49	20	3,46	30	2,49	10	3,36	57
2,08	10	2,56	74	1,83	10	2,27	23	2,45	25	2,42	22	1,69	14	2,45	19	3,34	56	2,44	12	3,18	31
1,90	14	2,48	15	1,54	10	2,12	10	2,07	16	2,27	15	1,64	8	2,27	14	3,02	45	2,27	6	2,98	24
1,86	12	2,44	21	1,50	33	2,08	19	1,64	16	2,08	7	1,54	12	2,19	9	2,56	60	2,12	5	2,86	12
1,81	5	2,36	21	1,91	21	1,91	21	1,54	12	1,91	12	1,50	32	2,13	8	2,49	21	1,97	4	2,79	8
1,54	6	2,27	12	1,87	19	1,87	19	1,50	25	1,87	19	1,50	32	2,09	10	2,44	15	1,82	3	2,56	70
1,49	35	2,26	12	1,82	8	1,82	8	1,81	2	1,81	2	1,50	35	2,09	10	2,27	17	1,69	7	2,44	39
		2,08	14	1,66	19	1,66	19	1,60	9	1,60	9	1,86	10	1,86	10	2,17	12	1,54	5	2,37	39
		1,95	9	1,59	15	1,59	15	1,55	6	1,55	6	1,81	5	1,81	5	2,09	12	1,50	20	2,13	10
		1,90	18	1,50	11	1,50	11	1,50	35	1,50	35	1,50	37	1,50	37	1,91	15	1,50	20	1,99	9
		1,86	12	1,49	28	1,49	28	1,49	28	1,49	28	1,87	12	1,87	12	1,87	12	1,87	12	1,82	8
		1,81	5	1,59	19	1,59	19	1,59	19	1,59	19	1,59	12	1,59	12	1,59	12	1,59	12	1,67	17
		1,59	19	1,49	42	1,49	42	1,49	42	1,49	42	1,50	42	1,50	42	1,50	42	1,50	42	1,63	13
		1,49	42																	1,54	10
																				1,50	60

en calcio pueden indicar un mayor porcentaje de minerales ilíticos. Sin embargo, los altos valores de la capacidad de cambio, cuyo catión principal puede ser el magnesio, indican una notable participación de montmorillonita o minerales de su grupo, ya sea mezclados, ya sea interestratificados con la ilita.

De acuerdo con esto, las razones molares  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  han disminuido considerablemente con respecto a la serie anterior. Los valores 2,89 y 2,68 de la razón  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  en las muestras 31 y 32 hacen sospechar la presencia de minerales caoliníticos.

La menor inclinación de las curvas de deshidratación (fig. 3), unido a la menor pérdida de peso en comparación de la serie anterior indica una fuerte dosis de ilita, o minerales inertes, en estas arcillas. Ha quedado reducida hasta un 6 % la cantidad de agua adsorbida, a partir de cuya pérdida las curvas siguen una pendiente muy semejante hasta un valor máximo del 14 %.

Estas curvas, sin tener el hábito peculiar de las ilitas, ni el de las montmorillonitas, participan de los de ambas por lo que debe tratarse de mezcla o de interestratificación de ambos minerales.

Los registros de A. T. D. (fig. 6), confirman la constitución ilitica de la casi totalidad de las muestras, como se deduce de la amplitud mayor del efecto endotérmico de 560° a 580°, seguido al de 150°, así como de la forma más aguda del pico a 580°. Esto y la presencia en todas las muestras de un acusado efecto exotérmico en la región de 900°-925°, que también pueden ser debidos a caolinita, refuerzan los efectos propios de la ilita.

Las muestras 28, 30, 31 y 35 presentan el efecto de 150° con intensidad igual o superior al de 580°, lo que indica una mayor participación de minerales montmorilloníticos.

Todas las muestras presentan el efecto de 573°, propio de la transformación del cuarzo, en mayor o menor extensión.

El agua de hidratación de los cationes de cambio (alrededor de 225°) es mucho menos ostensible que en el grupo anterior, ya que si excluimos las muestras 24, 33 y 35, las restantes sólo presentan una leve inflexión.

Mediados hasta débiles efectos endotérmicos a 325° pueden deberse a la presencia de óxidos hidratados de hierro, más intensos en la muestra 35 y más débiles en las 31, 32 y 33.

Algunas arcillas presentan restos de materia orgánica (24, 28, 30, 31), como se aprecia por el efecto exotérmico a 350°. Otro muy débil, también exotérmico, en la región de los 460° lo atribuimos a la presencia de óxidos de hierro (lepidocrocita posiblemente), en las muestras 24, 30, 28 y 33.

TABLA V  
 DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS SEDIMENTARIAS DE NATURALEZA ILÍTICA DE LAS MÁRGENES CUATERNARIAS  
 Y TERCARIAS DEL GUADALQUIVIR. CÓRDOBA.

Co-24 dA	Co-24 I/I <sub>0</sub>	Co-28 dA	Co-28 I/I <sub>0</sub>	Co-30 dA	Co-30 I/I <sub>0</sub>	Co-31 dA	Co-31 I/I <sub>0</sub>	Co-32 dA	Co-32 I/I <sub>0</sub>	Co-33 dA	Co-33 I/I <sub>0</sub>	Co-34 dA	Co-34 I/I <sub>0</sub>	Co-35 dA	Co-35 I/I <sub>0</sub>
12,24	5	14,77	8	13,0	17	13,3	14	13,7	8	13,38	8	14,01	25	16,35	15
10,04	38	10,04	27	9,92	27	9,92	40	8,92	34	9,92	37	11,77	22	14,02	25
7,07	46	7,02	—	7,07	31	7,07	34	7,07	45	8,41	12	9,92	23	9,92	22
4,97	36	4,97	27	5,90	19	4,92	31	5,53	26	7,07	40	7,07	72	7,07	54
4,44	100	4,44	83	5,57	19	4,44	100	4,92	39	6,23	30	6,55	19	5,37	22
4,22	41	4,22	36	4,92	22	4,22	32	4,43	100	4,92	27	5,90	22	4,92	32
3,45	46	3,86	33	4,43	100	3,49	40	4,2	35	4,43	100	4,92	23	4,44	89
2,97	67	3,53	39	4,22	60	3,34	51	3,48	45	4,22	36	4,44	100	4,22	59
3,34	20	3,34	67	3,69	26	3,18	32	3,34	66	3,70	20	4,22	35	3,83	26
2,83	12	3,18	16	3,36	71	2,97	17	3,19	30	3,51	47	4,22	10	3,48	36
2,56	51	2,97	30	3,19	24	2,84	16	3,07	23	3,36	67	3,78	19	3,34	100
2,36	32	2,88	11	3,06	14	2,56	70	2,97	27	3,18	45	3,70	20	3,16	32
2,19	15	2,67	18	2,98	29	2,36	17	2,86	45	3,06	27	3,50	51	2,96	23
1,99	19	2,56	100	2,87	19	2,13	11	2,45	26	2,99	33	3,34	88	2,56	59
1,89	5	2,39	33	2,79	13	1,98	11	2,37	20	2,76	13	2,97	36	2,43	32
1,81	5	2,11	10	2,69	11	1,87	8	2,18	10	2,56	78	2,83	20	2,27	16
1,69	19	2,07	8	2,56	67	1,81	9	2,07	7	2,37	39	2,56	82	2,18	12
1,63	12	1,81	6	2,37	26	1,76	8	1,99	17	2,12	17	2,45	25	1,81	7
1,54	12	1,68	13	2,15	14	1,69	14	1,68	10	2,00	12	2,30	12	1,69	10
1,49	38	1,54	7	2,01	9	1,64	14	1,61	8	1,78	18	2,23	15	1,54	6
		1,50	44	1,90	8	1,63	14	1,54	5	1,69	10	2,12	15	1,50	32
				1,79	7	1,54	23	1,50	27	1,66	10	1,97	20		
				1,66	29	1,50	23			1,59	10	1,89	7		
				1,63	15					1,54	7	1,81	9		
				1,54	14					1,50	40	1,78	7		
				1,50	51							1,64	18		
												1,61	16		
												1,54	12		
												1,50	54		

En ninguna muestra se observa el efecto endotérmico de 700° que caracterizaba a las arcillas montmorilloníticas estudiadas y tampoco aparece el agudo efecto endotérmico en la región de 800° atribuido a carbonatos.

La observación de las líneas de difracción de rayos X (tabla V), pone de manifiesto la naturaleza íltica de estas muestras, como se deduce de la intensidad de sus líneas características. Todas las arcillas presentan las líneas de 9,9 Å a 10,1 Å (M a F); 4,92 Å a 4,97 Å (M); 4,44 Å (MF); 3,34 Å (M a F); 2,56 Å (F a MF); 1,64 Å (D) y 1,50 Å (M). Algunas de estas líneas corresponden, a su vez, a mica potásica y otras como las de 2,86 Å a 2,88 Å, que se encuentran en casi todas las muestras, son privativas de este mineral. De aquí que se pueda afirmar que esta mica se encuentra presente en todas estas arcillas, lo que era de esperar dada la naturaleza de estos yacimientos, originados por arrastres de materiales graníticos, próximos, de Sierra Morena. Lo mismo podríamos decir de la línea de 2,13 Å, de la moscovita, presente en las arcillas 31, 33 y 34.

Casi todas las muestras dan líneas de difracción entre 12 Å y 16,35 Å, de intensidad débil hasta media; más intensas en las muestras 34 y 35, tomadas en los alrededores de Palma del Río, margen izquierda del Guadalquivir. Esta línea, con las restantes de la montmorillonita que presentan estos diagramas denotan su presencia en estas muestras, aunque menos destacada que la ofrecida por los minerales ílticos. Estimamos que existe una interestratificación de estos minerales en casi todas las muestras, si bien predominan los minerales ílticos. Sólo en las muestras 34 y 35 pueden considerarse ambos minerales en la misma proporción.

Hemos desechado la existencia de otros minerales con espaciado basal de 14 Å, tales como vermiculita o cloritas, por el bajo contenido en magnesio deducido por análisis químico.

Como minerales secundarios se encuentra la caolinita en primer lugar, como se comprueba por la intensidad del espaciado a 7 Å, que presentan todas las muestras, seguidos de otros a 4,43 Å (común a illita y montmorillonita); 3,53 Å; 3,36 Å; 2,56 Å; 2,37 Å; 2,27 Å (solamente en la muestra 35); 1,98 Å; 1,78 Å; 1,66 Å; 1,54 Å y otros.

Le sigue en importancia el cuarzo, como se observa por la intensidad de los espaciados de 4,22 Å; 3,35 Å; 1,81 Å y otros.

Como minerales accesorios se encuentran los feldespatos, a juzgar por la intensidad de las líneas de 4,2 Å; 3,8 Å a 3,9 Å; 3,44 Å a 3,48 Å; 3,18 Å (la de mayor intensidad); 2,97 Å; 2,83 Å a 2,88 Å; 2,56 Å, etc., lo que está de acuerdo con la procedencia de estos sedimentos.

TABLA VI

ENSAYOS TECNOLÓGICOS DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE CÓRDOBA.—SEDIMENTOS DE LA CAMPIÑA Y DE LAS MÁRGENES TERCIARIAS DEL GUADALQUIVIR

ENSAYOS	Co-17	Co-18	Co-19	Co-20	Co-21	Co-22	Co-23	Co-25	Co-26	Co-27	Co-29
<i>Análisis mecánico</i>											
% de humedad ... ..	8,10	3,40	3,90	3,60	8,10	7,50	3,40	7,70	6,70	7,20	6,70
% de arena gruesa ... ..	2,60	3,90	4,30	5,70	3,30	2,90	5,50	3,80	2,90	4,40	8,90
% de arena fina ... ..	3,10	11,20	21,00	20,40	6,20	5,70	53,60	6,40	10,50	10,40	10,80
% de limo ... ..	18,90	14,30	20,10	13,90	13,10	15,10	10,40	17,20	22,40	20,30	23,10
% de arcilla ... ..	75,20	69,50	54,80	59,90	76,20	75,10	30,10	71,40	62,60	64,10	56,30
% de carbonatos ... ..	34,25	39,50	29,20	43,10	28,30	31,40	20,80	29,20	28,60	36,90	31,15
<i>Agua de desleimiento</i>											
c. c. de agua/100 gr. de muestra seca a 100° C ... ..	36	30	37	43	44	33	26	38	48	35	39
c. c. de agua en muestra seca a 100° C ... ..	26,5	23	27	30	30,5	24,8	20,6	27,5	33,4	26	28
<i>Plasticidad</i>											
Límite de adherencia ... ..	38,76	34,01	36,76	43,45	—	39,07	30,86	42,42	38,05	39,91	40,48
Límite de arrollamiento ... ..	18,00	13,22	10,25	20,84	—	11,25	18,22	15,96	15,72	21,50	28,15
Índice de Riecke ... ..	20,76	20,79	26,51	22,61	—	27,82	12,64	26,46	22,33	18,41	12,33
<i>Resistencia a la compresión</i>											
Kg/cm <sup>2</sup> (probeta calcinada a 900° C) ... ..	623	337	495	347	689	516	141	767	476	597	775
<i>Densidad real</i> (probetas calcinadas a 900° C) gr/cm <sup>3</sup> ...	2,50	2,77	2,77	2,64	2,74	2,61	2,55	2,54	2,53	2,64	2,75
<i>Densidad aparente</i> (probetas calcinadas a 900° C) gr/cm <sup>3</sup> ...	1,67	1,40	1,72	1,48	1,88	1,94	1,57	1,84	1,80	1,82	1,67
Porosidad total % ... ..	33,29	49,45	37,90	43,93	31,3	25,6	38,43	27,5	28,8	31	39,2

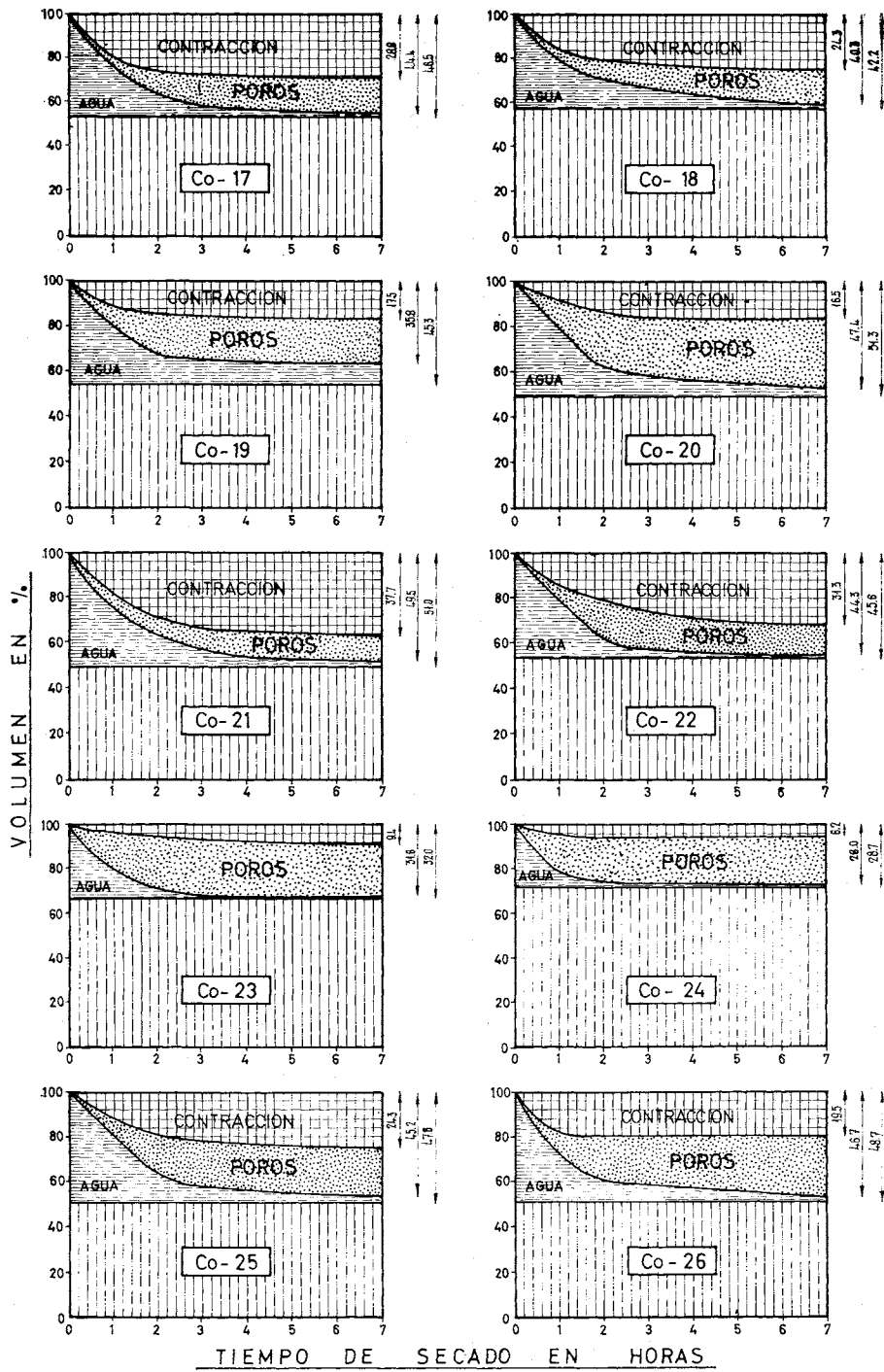


FIG. 7.—Diagramas de secado a 50° de las muestras Co-17, Co-18, Co-19, Co-20, Co-21, Co-22, Co-23, Co-24, Co-25 y Co-26.

TABLA VII

ENSAYOS TECNOLÓGICOS DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE CÓRDOBA.—SEDIMENTOS DE NATURALEZA ILÍTICA DE LAS MÁRGENES CUATERNARIAS Y TERCIARIAS DEL GUADALQUIVIR

ENSAYOS	Co-24	Co-28	Co-30	Co-31	Co-32	Co-33	Co-34	Co-35
<i>Análisis mecánico</i>								
% de humedad ... ..	3,60	6,40	3,10	4,10	2,60	2,30	4,90	4,90
% de arena gruesa ... ..	8,20	42,40	8,20	5,90	4,20	12,80	2,20	3,70
% de arena fina ... ..	56,70	30,20	41,20	36,90	51,70	51,60	16,70	11,40
% de limo ... ..	11,30	10,10	15,90	22,60	13,70	10,80	19,50	26,80
% de arcilla ... ..	22,60	17,20	33,70	33,90	30,80	23,90	59,80	56,90
% de carbonatos ... ..	29	20	23	2	25	24	19	23
<i>Agua de desleimiento</i>								
c. c. de agua/100 gr. de muestra seca a 100° C ...	27	19	20	23	22	21	32	31
% de agua en muestra seca a 100° C ... ..	21,2	16	16,6	18,7	18	17,3	24,2	23,7
<i>Plasticidad</i>								
Límite de adherencia ... ..	24,68	16,46	24,12	27,45	23,20	21,28	31,66	27,54
Límite de arrollamiento ...	21,66	13,33	17,83	15,84	19,34	17,94	17,84	16,66
Índice de Riecke ... ..	3,02	3,13	6,29	11,61	3,86	3,34	14,22	10,88
<i>Resistencia a la compresión</i>								
Kg/cm <sup>2</sup> (probeta calcinada a 900° C) ... ..	Disgregó a la salida del horno		Muy blando	291	169	115	427	677
<i>Densidad real</i> (probetas calcinadas a 900° C). gr/cm <sup>3</sup> .	2,62	2,59	2,60	2,64	2,69	2,65	2,75	2,57
<i>Densidad aparente</i> (probetas calcinadas a 900° C) gr/cm <sup>3</sup> ... ..	disgregó	disgregó	1,39	1,92	disgregó	disgregó	1,55	1,81
<i>Porosidad total</i> % ... ..	—	—	46,5	27,5	—	—	29,9	29,5



La calcita no se encuentra presente en cantidad apreciable y falta la línea a 4,15 Å (MF), del hierro goetítico, por lo que excluimos estos minerales.

Del estudio fisicoquímico de la fracción arcilla extraída de estos materiales sedimentarios, después de eliminar carbonatos y materia orgánica, se deduce que el mineral fundamental de las muestras de La Campiña y del Terciario de las márgenes del Guadalquivir, es la montmorillonita y minerales de su grupo. Como minerales secundarios se encuentran caolinita, cuarzo e ilita.

Minerales accesorios se pueden citar cantidades variables de calcita (ausente en la muestra 29), óxidos de hierro y aluminio en diversos grados de hidratación, micas y una pequeña y muy dudosa participación de sepiolita. La muestra 23, de Montoro, difiere netamente del grupo.

En cuanto a las arcillas aluviales y diluviales del Guadalquivir contienen ilita y montmorillonita, en un cierto grado de interestratificación, con predominio de la primera.

Minerales secundarios son las micas potásicas, la caolinita y el cuarzo, presentes en todas las muestras.

Como minerales accesorios se encuentran los feldspatos y los óxidos hidratados de hierro, fundamentalmente, y no se observa la presencia de carbonatos.

## 2. ENSAYOS TÉCNICOS

Las tablas VI y VII incluyen los datos de los ensayos técnicos realizados en las arcillas brutas y las figuras 7 y 8 muestran los diagramas de secado a la temperatura de 50° C.

### a) SEDIMENTOS DE LA CAMPIÑA Y DE LAS MÁRGENES Terciarias DEL GUADALQUIVIR

#### *Análisis mecánico*

El análisis mecánico de estos materiales revela un contenido en fracción arcilla del 60 % al 75 %, exceptuando la muestra 23, que es del 30 %. La humedad es alta, desde 6,70 % a 8,10 % en casi todas. El contenido en carbonatos está comprendido entre 28,30 % y 43,10 %. Solo la muestra Co-23 presenta un valor más bajo: 20,80 %.

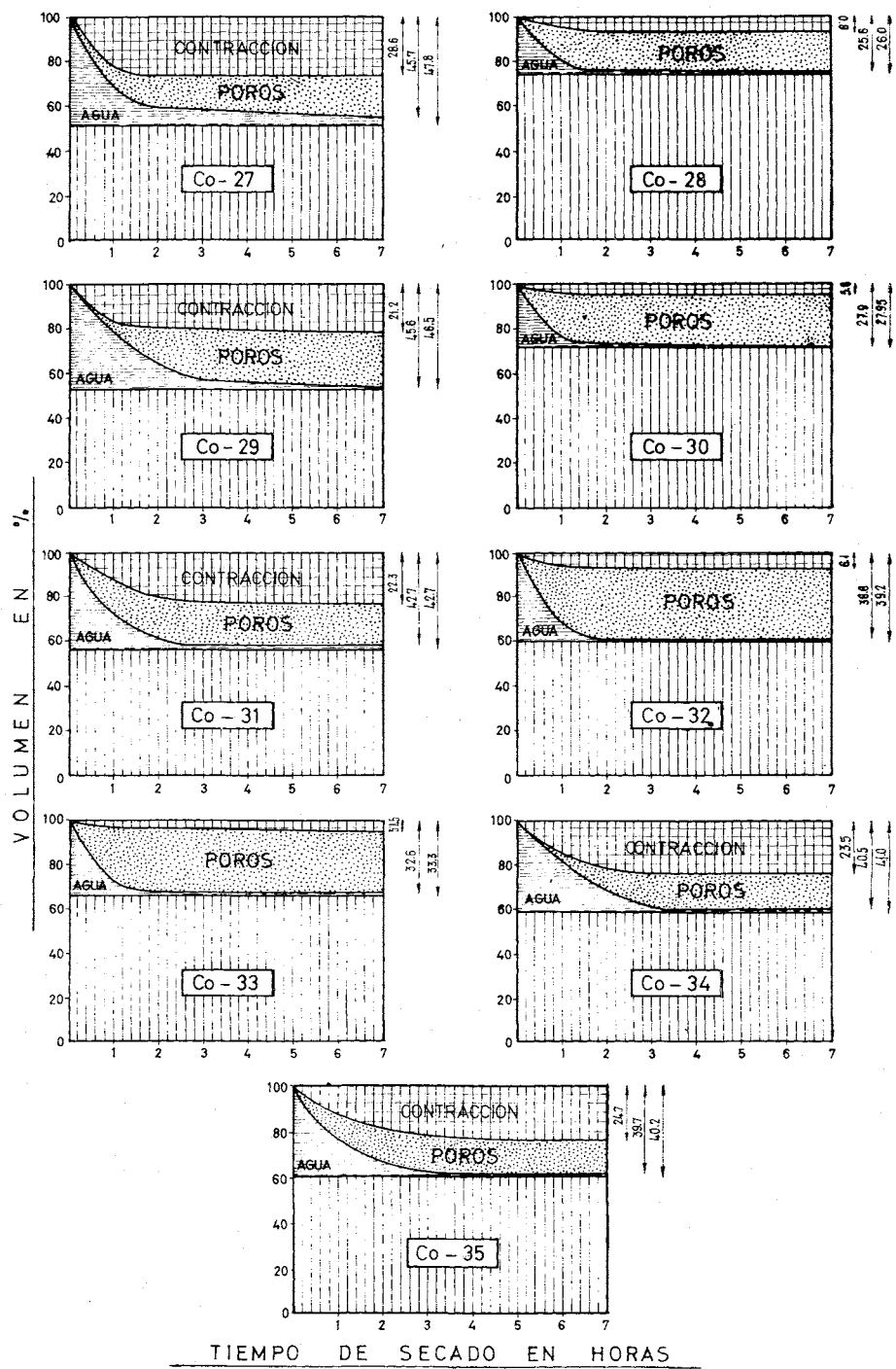


FIG. 8.—Diagramas de secado a 50° de las muestras Co-27, Co-28, Co-29, Co-30, Co-31, Co-32, Co-33, Co-34 y Co-35.

### *Plasticidad*

El agua de moldeo de estas arcillas es alta y oscila entre 23 % y 33,4 %, lo que está de acuerdo con su constitución y textura. Se exceptúa la muestra arenosa de Montoro, núm. 23, cuyo valor es algo inferior.

El índice de Riecke varía entre 18,41 y 27,82. Se exceptúan las muestras 23 y 29, con índices alrededor de 12; por lo que podemos considerar a este grupo de arcillas como altamente plásticas.

### *Desecación*

La contracción por secado a 50° C es variable, desde 16,50 % (Co-20) a 37,7 % (Co-21), expresada en volumen y referida a la probeta recién hecha. Se exceptúa la muestra Co-23, de Montoro, con un 9,4 % de contracción.

### *Contracción por calcinación*

Las pérdidas de peso por calcinación a 900° C, referidas a muestra seca a 100°, son altas en todas las muestras y oscilan entre 13,7 % (Co-19) y 22,8 % (Co-20), de acuerdo con su composición mineralógica, alta en carbonatos y minerales de tres capas.

La contracción de volumen por calcinación a 900°, referida a la muestra seca a temperatura ambiente, varía entre 1,3 % (Co-23) y 31,7 % (Co-22). Los valores más frecuentes están entre 15 % y 30 %.

La densidad aparente del producto cocido varía desde 1,40 gr/cm<sup>3</sup>, en la Co-18, a 1,94 gr/cm<sup>3</sup>, en la Co-22.

Por efecto de la cocción adquieren estos materiales un color blanco grisáceo (muestras 17, 18, 19 y 20), color ladrillo claro (muestras 21, 22, 26 y 29) y tonalidad más oscura (muestras 23, 25 y 27). Todas las muestras cocidas presentan una superficie uniforme, sin grietas ni nódulos calizos y se exceptúan las Co-22 y 23 que agrietan algo.

### *Resistencia mecánica*

La resistencia mecánica a la compresión, en probetas calcinadas a 900°, presenta valores muy altos, que oscilan entre 337 Kg/cm<sup>2</sup> y 775 Kg/cm<sup>2</sup>. Únicamente, la muestra Co-23, de Montoro, no pasa de 291 Kg/cm<sup>2</sup>.

## b) SEDIMENTOS ALUVIALES Y DILUVIALES DEL GUADALQUIVIR

*Análisis mecánico*

El contenido en arcilla de estos materiales es del 17,2 % al 33 %, como era de esperar. Alcanzan valores altos las dos muestras de Palma del Río, Co-34 y Co-35, que hemos incluido aquí por la semejanza mineralógica de su fracción arcilla con las muestras de este grupo. La humedad es media o baja, desde 2,30 % hasta 6,40 %.

El contenido en carbonatos oscila desde 19 % a 29 %, con la única excepción de la muestra Co-31, de Villarrubia, que apenas tiene un 2 %, ya que se trata de sedimentos silíceos muy lavados de la margen derecha del Guadalquivir, utilizados por una industria cerámica local.

*Plasticidad.*

El agua de moldeo es inferior a la del grupo anterior. Varía entre 16 % y 21 %, con la excepción de las muestras Co-34 y Co-35, en que es algo mayor.

El índice de Riecke está comprendido entre 3,02 y 11,61. Únicamente la muestra Co-34 presenta un valor más alto. Por ello se consideran materiales poco plásticos, en general.

*Deseccación*

La contracción por secado a temperatura de 50° C oscila entre 5,45 % (Co-33) y 24,7 % (Co-35), siendo de un 6 % el valor más frecuente. La porosidad es alta y del mismo orden en todas las muestras, dada su textura arenosa.

*Contracción por calcinación*

Las pérdidas de peso por calcinación a 900°, referidas al peso de la muestra seca a 100°, varían desde el 14 % (Co-34 y Co-35) al 19,3 % (Co-24). El valor 5,3 % de pérdida de peso que da la muestra silícea de Villarrubia (Co-31), se aparta del grupo.

La contracción de volumen por calcinación, referida a la muestra seca a temperatura ambiente es nula o muy pequeña hasta un 3,3 % (Co-30). Se exceptúa la Co-34 que alcanza el 10,7 %.

La densidad aparente del producto cocido es variable, oscilando entre 1,39 gr/cm<sup>3</sup> y 1,92 gr/cm<sup>3</sup>. Los valores correspondientes en las muestras Co-24,

Co-28, Co-32 y Co-33 no se pudieron determinar por la disgregación del material a la salida del horno.

Por efecto de la cocción estos materiales toman un color ladrillo muy claro (Co-24, Co-30 y Co-33); ladrillo más oscuro la Co-34 y rojo oscuro las Co-31 y Co-35. Las muestras Co-24, Co-28, Co-30 y Co-33, enfriadas a la salida del horno se disgregan, como hemos dicho. Las restantes presentan una superficie homogénea, sin nódulos calizos.

#### *Resistencia mecánica*

La resistencia a la compresión en probetas calcinadas a 900° es baja, desde 115 Kg/cm<sup>2</sup> a 291 Kg/cm<sup>2</sup>, no pudiendo ser determinada en las muestras que se disgregaron. Únicamente, las muestras Co-34 y Co-35, de las proximidades de Palma del Río, alcanzan valores mucho más altos, pero ya hemos indicado que se trata de arcillas brutas muy distintas, que hemos incluido en este grupo por la semejanza que presentan en la composición mineralógica de la fracción arcilla.

#### **IV. Conclusiones**

De las anteriores consideraciones podemos resumir que las arcillas sedimentarias de La Campiña de Córdoba y las también terciarias de las márgenes del Guadalquivir, desde Montoro hasta Palma del Río, son fundamentalmente de naturaleza montmorillonítica, con caolinita, cuarzo e illita como minerales secundarios y óxidos de hierro y aluminio, en diversos grados de hidratación y micas potásicas, como accesorios.

Las arcillas aluviales y diluviales del Guadalquivir contienen illita y montmorillonita, con predominio de la primera y en un cierto grado de interestratificación; con micas potásicas, caolinita y cuarzo como minerales secundarios y feldespatos y óxidos hidratados de hierro, como minerales accesorios.

Todas contienen variables cantidades de calcita (28 % al 40 %), en grano fino y cuyo tamaño no llega a ser perjudicial en el material cocido.

Los datos tecnológicos obtenidos de los materiales brutos de La Campiña, Co-17, Co-18, Co-19 y Co-20, permiten deducir que se trata de arcillas de buenas cualidades desde un punto de vista técnico, para la obtención de productos de alfarería y materiales de construcción. En cuanto a las arcillas brutas procedentes de yacimientos situados en las márgenes del Guadalquivir, de origen terciario, presentan propiedades similares a las de los materiales ex-

traídos de sedimentos análogos en la provincia de Sevilla, desde Lora del Río a dicha ciudad, estudiados en un trabajo anterior (3). De una forma análoga, aquí mezclan estas arcillas con las procedentes de los sedimentos de las vegas, para conseguir materiales con mejores condiciones en el secado, cocción y elaboración en general. Este es el motivo por el que estas industrias estén situadas cerca de las canteras terciarias y en las proximidades de la vega.

Por tratarse de las inmediaciones de Córdoba y también de la carretera que bordea el curso del Guadalquivir, desde Montoro hasta Palma del Río, la situación de estos yacimientos tiene considerable interés. Sólo una fábrica, situada en Villarrubia, emplea como única materia prima los sedimentos cuaternarios, ya que los cortes son tan extensos y profundos que permiten escoger la clase de arcilla más conveniente por su constitución o textura. Esto mismo hacen las industrias ladrilleras que utilizan las arcillas de la Vega de Triana, en las proximidades de Sevilla (1).

## 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. de la Soc. Esp. Cerám.*, 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", *Bol. de la Soc. Esp. 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", *Bol. de la Soc. Esp. de Cerám.*, vol. 5, núm. 2, marzo-abril, 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. de la Soc. Esp. de Cerám.*, vol. 5, núm. 3, mayo-junio, 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. de la Soc. Esp. de Cerám.*, vol. 5, núm. 6, noviembre-diciembre, 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. de la Soc. Esp. de Cerám.*, vol. 6, núm. 2, marzo-abril, 207-238 (1967).
7. RICH, C. I. y KUMZE, G. W., "Soil Clay Mineralogy". Symposium. Ed. por The University of Nort. Carolina Press (1964).
8. BROWN, G., "The X-Ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals". Min. Soc. London (1964).
9. MACKENZIE, "The Differential Thermal Investigation of Clays" (1957).
10. Sociedad Española de Cerámica: "Memorias de la 1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup>, 3.<sup>a</sup> y 4.<sup>a</sup> Semanas de Estudios Cerámicos. Madrid (1963-1967).