

# Arcillas cerámicas de Andalucía:

## III. Yacimientos terciarios de la margen derecha del Guadalquivir, en la provincia de Sevilla

F. GONZALEZ GARCIA y G. GARCIA RAMOS

*Facultad de Ciencias. Universidad de Sevilla.*

### RESUMEN

*Se estudian un grupo de arcillas de interés cerámico procedentes de varios yacimientos sedimentarios situados en el Terciario de la margen derecha del Guadalquivir, Mioceno principalmente, desde Peñafior al NE. hasta Benacazón y Pilas, al SW. Las técnicas empleadas han sido las siguientes: análisis químico, capacidad de cambio, análisis térmico diferencial y ponderal, diagramas de difracción de rayos X, fotografías con microscopio electrónico, análisis mecánico, agua de moldeo, plasticidad (Riecke), secado a 50°C. (diagramas de Bourry), contracción por calcinación y resistencia a la compresión.*

*Se desprende de este estudio que el componente principal de estas arcillas es la montmorillonita seguida de un alto porcentaje de ilitas en diversos grados de alteración hacia minerales del grupo anterior. En segundo lugar se encuentran presentes cantidades apreciables hasta importantes de caoínita, sílice libre y calcita. Les siguen cantidades variables de hidróxidos.*

*Las muestras naturales contienen un alto porcentaje de carbonato cálcico, del 30 al 40 %, en grano muy fino.*

*Las pruebas tecnológicas confirman el que algunos de estos materiales hayan sido empleados durante siglos por la tradicional industria alfarera de Sevilla, a causa de sus buenas propiedades cerámicas.*

### SUMMARY

*A set of clays from several sedimentary beds belonging to the Tertiary period (mainly Miocene) and located on the right bank of the Guadalquivir River, from Peñafior on the northeast to Benacazón and Pilas on the southwest and interesting from the ceramic viewpoint, has been studied.*

*The following techniques have been used: chemical, mechanical and ponderal thermal analysis, D. T. A., base exchange capacity, X-ray diffraction analysis, electron microscopy, plasticity water, plasticity, drying shrinkage at 50°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 a high percentage of illites in an advanced stage of transformation to montmorillonoids.*

*Moreover, they also contain little to important amounts of kaolinite, free silica and calcite, followed by different amounts of hydroxides.*

*The natural samples contain about 30-40 % of fine-grain calcite. The technological tests bear out the fact that some of these materials had been used for centuries by the traditional pottery industry of Seville, for their good ceramic properties.*

## I. Introducción.

En publicaciones anteriores (1) (2), se estudiaron las arcillas sedimentarias de yacimientos situados en las vegas del Guadalquivir y Corbones, de una parte, y las procedentes de La Campiña, de otra; todas ellas utilizadas como materias primas por diversas industrias cerámicas de la provincia de Sevilla.

Continuando el plan propuesto se estudian en este trabajo doce muestras de interés cerámico procedentes de yacimientos situados en el Terciario de la margen derecha del Guadalquivir, en la provincia de Sevilla, localizadas en Peñaflor, Lora del Río, Cantillana, Castilleja de Guzmán, proximidades de Sevilla, y de Benacazón, Aznalcázar y Pilas, en la región del Aljarafe.

En resumen, las propiedades físicoquímicas y caracteres tecnológicos más importantes orientados 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 fig. 1.

TABLA I

YACIMIENTOS DE ARCILLAS CERÁMICAS DE SEVILLA  
SEDIMENTOS TERCIARIOS DE LA MARGEN DERECHA DEL GUADALQUIVIR

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
Sevilla.—La Pañoleta. Corte de El Carambolo. Al Oeste de la bifurcación de Sevilla a Huelva y Badajoz.	Corte de más de 60 m. de potencia e igual frente, orientado al Sur. Margas azules de La Pañoleta. Plioceno. En explotación por la industria cerámica Sevilla desde hace muchos años.	Se-4. — Marga azul, plástica, con vetas de óxido férrico. Textura arenarcillosa. Con CO <sub>2</sub> Ca.	La artesanía sevillana lo emplea en cerámica artística, mezclado con arcillas aluviales del Guadalquivir.

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<p>Benacazón. — La Cuesta. Camino vecinal a Huévar. Dos kilómetros al Oeste del cruce de F. C. al comienzo de la bajada al Guadamar.</p>	<p>Grandes cortes en las margas que descienden bruscamente hacia el río. La arcilla arrancada se deja meteorizar algún tiempo. Mioceno. En las proximidades del contacto con el Plioceno.</p>	<p>Se-33. — Arcilla margosa muy meteorizada, blanco amarillento tomada en la costra superior de los estratos arcillosos a menos de 40 cm., con vetas de óxidos de hierro parcialmente hidratados. Textura arcillo-arenosa. Con CO<sub>2</sub>Ca.</p>	<p>Por su elevada plasticidad en manufactura de canales y cántaros.</p>
<p>Benacazón. — La Cuesta. El mismo camino anterior en zona más baja y al Oeste.</p>	<p>Cortes a modo de "cañones" en las masas margosas y materiales más sueltos que los descritos antes. Mioceno. Próximo al Plioceno por el Sur.</p>	<p>Se-34. — Materiales muy profundos, gris claro, tomados en uno de los cortes. Textura arcillo-arenosa con CO<sub>2</sub>Ca.</p>	<p>Ladrillo en hornos discontinuos en diversos tejares de Benacazón.</p>
<p>Benacazón. — Final de La Cuesta y casi al nivel del Guadamar y Oeste de las anteriores.</p>	<p>Zona de arrastres aluviales sobre las margas miocenas.</p>	<p>Se-35. — Materiales sueltos tomados en el centro de uno de los cauces secos a 40 cm. Se trata de materiales lavados procedentes de las partes altas. Textura arenosa.</p>	<p>Ladrillo macizo en hornos discontinuos de Benacazón.</p>
<p>Aznalcázar. — Barrero de Lamparilla. Carretera de Aznalcázar a Pilas y a 2 kilómetros de este. Margen izquierda del arroyo. Alcarayón 100 m. al N. del puente.</p>	<p>Grandes cortes en las margas pliocenas, de aspecto homogéneo.</p>	<p>Se-36. — Barro flojo de lamparilla. Margas compactas amarillentas en bloques prismáticos. Con vetas amarillas de limonita y otras más oscuras. Tomada a 2 m. de la superficie. Se destacan el intenso brillo de láminas micáceas. Textura arcillo-arenosa. Con CO<sub>2</sub>Ca.</p>	<p>Ladrillo hueco en fábrica moderna en Pilas.</p>

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<p>Pilas. — Barrero Robadinas. 5 kilómetros al NE. de Pilas.</p>	<p>Cortes de profundidad variable en el Plioceno.</p>	<p>Se-37. — Barros amarillo - verdosos, más compactos que la muestra anterior. Con tonos azulados y vetas rojizas. Finas -láminas micáceas. Textura arcillo-arenosa. Con <math>C_3Ca</math>.</p>	<p>Para tejas, mezclado con la muestra anterior en ladrillo hueco en la fábrica citada antes.</p>
<p>Peñaflor. — Cortijo de la Vega. Un kilómetro al N. de la carretera de Peñaflor a Palma del Río.</p>	<p>Corte de unos 10 m. de largo por 2 m. de potencia orientado al N. Mioceno.</p>	<p>Se-40. — Marga compacta, "greda" verde azulada. Con vetas amarillentas de óxido férrico. Textura arcillo - limosa. Con <math>CO_3Ca</math></p>	<p>Ladrillo hueco en la fábrica de Peñaflor. Se mezcla con otro material arenoso diluvial del cauce del Guadalquivir.</p>
<p>" "</p>	<p>" "</p>	<p>Se-41. — Bloques deleznales amarillentos que en vetas de unos 80 cms. arman sobre la greda anterior. Semejan rocas más antiguas en avanzado estado de alteración. Textura arenosa. Muy pocos <math>CO_3Ca</math>.</p>	<p>Se ignora si esta roca la incorporan a la muestra anterior en la industria de Peñaflor.</p>
<p>Lora del Río. — Carretera de Constantina. "Arroyo de La Churra". Proximidades de la fundición Lapetra, Sociedad Anónima.</p>	<p>Corte de mediana potencia en la orilla izquierda del arroyo. 80 a 100 m. de longitud y 3 a 4 de altura. Mioceno.</p>	<p>Se-42. — Margas azules muy compactas, con fósiles. Textura arcillo-arenosa. Con <math>CO_3Ca</math>.</p>	<p>Ladrillo hueco en fábrica moderna.</p>
<p>Cantillana. — A 3 kilómetros de este en la carretera a Lora del Río.</p>	<p>Corte de cierta importancia al borde S. de la carretera. El horno de cámaras y resto de la fábrica muy próximos. Mioceno.</p>	<p>Se-44. — Margas grises compactas. Con vetas amarillentas y nódulos del mismo color. Textura arcillosa. Abundante <math>CO_3Ca</math>.</p>	<p>Ladrillo hueco a horno continuo.</p>

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
Castilleja de Guzmán.— Carretera de Camas a Castilleja. 100 m. al N. de la fábrica de ladrillos. Borde izquierdo de la carretera.	Corte experimental.	Se-45. — Margas azules compactas, con fósiles. Vetas de óxido férrico y algunas raíces. Tomada a 1,50 m. de profundidad. Textura arcillosa. Abundante CO <sub>2</sub> C.	Ensayo.
" "	" "	Se-46 — Marga amarillenta con vetas de óxido férrico y raíces. Tomada en la superficie. Textura arcillolimosa.	Ensayo.

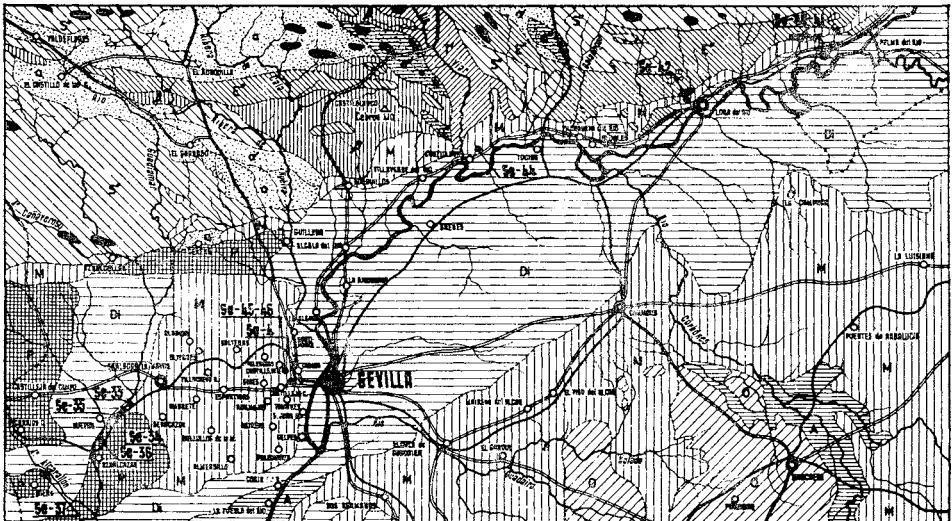


FIG. 1.—Croquis del mapa geológico de la zona en que se encuentran los materiales sedimentarios que se estudian.

Se realizaron las determinaciones siguientes: análisis químico, capacidad de cambio, análisis térmico ponderal y diferencial, diagramas de difracción de rayos X, examen al microscopio electrónico, análisis mecánico, agua de desleimiento, plasticidad (Riecke), secado a 50°C (diagramas de Brourry), contracción por calcinación y resistencia a la compresión en probetas calcinadas.

En las determinaciones mecánicas y físicoquímicas (3) (4), se han empleado los métodos usuales en el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto. Los ensayos tecnológicos se realizaron en los laboratorios de la Sección de Silicatos de Sevilla (5) (6).

### III. Datos experimentales y discusión.

En la Tabla II se incluyen los datos del análisis químico y capacidad de cambio de estos materiales. Las figs. 2 y 3 corresponden a las curvas de deshidratación y registros de A. T. D.; y las Tablas III y IV contienen los datos de difracción de rayos X.

#### I. DETERMINACIONES FÍSICOQUÍMICAS

El apreciable hasta alto contenido en magnesio de estas muestras, en especial las procedentes del Aljarafe, unido a los altos valores de las razones  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  y  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  indica un predominio de minerales montmorilloníticos e ílíticos. Todas ellas poseen un alto contenido en potasio que debe asimismo relacionarse con una elevada proporción de illita.

El fuerte contenido de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en la casi totalidad de los materiales se atribuye a una importante proporción de óxidos e hidróxidos de hierro en estado libre, como se describió al mencionar las muestras. La suma de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  más  $\text{TiO}_2$ , que orienta sobre la intensidad de color de las arcillas, presenta valores máximos en las muestras Se-33 y Se-41, que muestran un color amarillento más intenso.

La capacidad de cambio varía entre 42 y 58 meq/100 gr., con la excepción de al muestra Se-44, que presenta un valor ligeramente inferior. Tales valores son propios de materiales compuestos de illita y montmorillonita, con predominio de este último mineral en los materiales que presentan capacidad de cambio superior a 49 meq/100 gr.

La forma de las curvas de deshidratación, con una pérdida de agua por debajo de 100° del 9 al 10 % y con un contenido en agua reticular de un 4,5 % es la que cabe esperar para minerales del grupo de la montmorillonita. La temperatura del salto está situada entre 300° y 450° a 500°, de acuerdo con los

TABLA II

ANÁLISIS QUÍMICO Y CAPACIDAD DE CAMBIO.—SEDIMENTOS TERCIARIOS DE LA MARGEN DERECHA DEL GUADALQUIVIR.—SEVILLA \*

Muestra	Se-4	Se-33	Se-34	Se-35	Se-36	Se-37	Se-40	Se-41	Se-42	Se-44	Se-45	Se-6
SiO <sub>2</sub> ... ..	54,23	44,75	54,03	52,42	53,44	50,87	51,12	52,29	47,18	49,81	48,83	47,96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	23,80	13,53	15,20	16,20	11,00	22,66	22,28	22,07	21,80	22,50	19,82	20,32
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	3,99	8,09	5,12	6,12	8,38	6,73	6,24	9,22	4,89	6,16	5,10	7,19
TiO <sub>2</sub> ... ..	1,49	2,48	1,06	1,55	1,74	1,13	0,93	0,98	1,22	0,76	1,02	0,93
CaO ... ..	2,17	5,98	2,32	2,21	4,99	4,54	5,16	2,50	8,05	4,94	8,13	6,24
MgO ... ..	3,38	12,35	9,61	8,34	11,23	3,32	3,01	3,33	2,56	2,84	3,62	3,38
K <sub>2</sub> O ... ..	3,17	3,20	2,15	2,93	2,63	3,08	2,29	2,30	2,40	2,44	2,95	2,84
Na <sub>2</sub> O ... ..	0,48	2,57	3,21	0,36	0,00	0,00	0,58	3,37	0,28	0,53	0,00	0,35
Pérdida por calcina- ción ... ..	7,04	7,14	8,32	8,21	7,61	7,68	9,18	8,13	11,62	10,00	10,00	10,35
TOTAL ... ..	99,75	100,09	101,02	98,34	101,02	100,01	100,79	101,19	100,00	99,98	99,47	99,56
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> ... ..	9,76	11,87	10,21	10,40	11,07	10,60	8,55	8,93	8,08	10,20	8,74	8,00
SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	3,49	4,07	4,96	4,45	5,59	3,20	3,30	3,18	3,22	3,20	3,59	5,21
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	3,84	5,58	6,01	5,47	8,21	3,78	3,88	4,00	3,66	3,76	4,16	2,56
SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	36,04	14,71	28,06	22,77	16,94	20,08	21,78	15,08	25,64	21,50	25,45	17,74
Capacidad de cam- bio, meq/100 g. ...	42,05	46,38	52,82	44,19	51,42	49,8	52,3	58,0	47,8	38,9	42,1	43,5

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

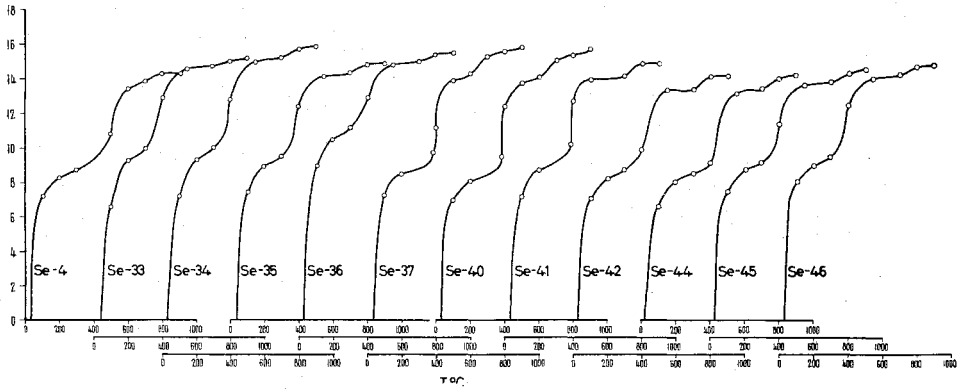


FIG. 2.—Curvas de análisis térmico ponderal de las muestras procedentes de sedimentos terciarios de la margen derecha del Guadalquivir.

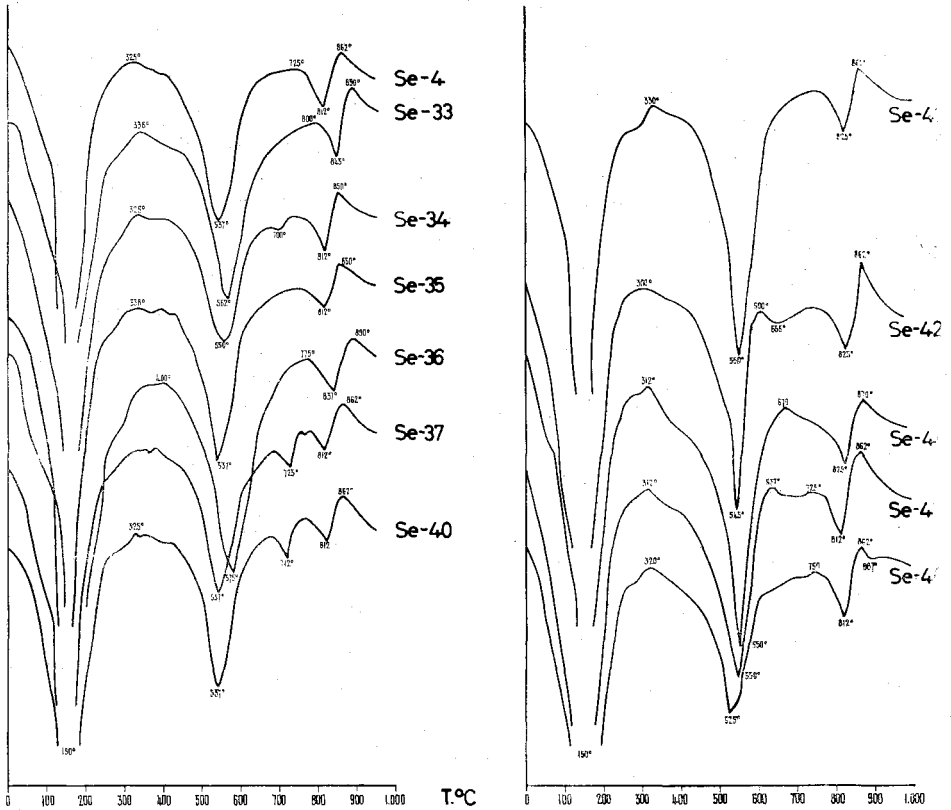


FIG 3.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras procedentes de sedimentos terciarios de la margen derecha del Guadalquivir.



TABLA III

DATOS DE DIRECCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS TERCARIAS DE LA MARGEN DERECHA DEL GUADALQUIVIR.—SEVILLA

Se-4		Se-33 (Eritenglicol)		Se-34		Se-34 (Eritenglicol)		Se-35		Se-35 (Eritenglicol)		Se-63		Se-36 (Eritenglicol)	
dA	I/I <sub>0</sub>	dA	I/I <sub>0</sub>	dA	I/I <sub>0</sub>	dA	I/I <sub>0</sub>	dA	I/I <sub>0</sub>	dA	I/I <sub>0</sub>	dA	I/I <sub>0</sub>	dA	I/I <sub>0</sub>
15.60	100	17.15	MF	15.50	100	16.06	F	14.97	100	17.15	MaF	15.10	100	16.67	MF
10.20	29	10.39	MD	11.94	18	10.40	MaD	10.52	44	10.40	DaM	10.65	16	10.10	M
7.25	10	7.22	MD	10.40	16	7.22	MD	8.71	39	6.81	MD	7.25	21	7.07	MD
5.01	7	4.50	MF	9.02	16	4.79	MD	7.50	37	4.79	MD	5.83	17	4.82	MD
4.48	30	4.38	MD	7.16	55	4.49	MF	6.60	46	4.49	MF	5.04	19	4.48	MF
4.27	10	3.95	MD	6.41	42	4.28	MD	5.96	54	4.23	MD	4.47	58	4.28	MD
3.58	9	3.50	MD	6.02	32	3.46	MD	5.29	51	3.46	MD	4.28	29	3.46	MD
3.35	21	3.34	F	4.47	84	3.34	F	4.49	89	3.35	F	3.90	26	3.33	F
2.95	5	2.77	MD	3.48	35	3.00	MD	3.52	26	3.23	MD	3.34	24	2.83	MD
2.80	9	2.59	MF	3.34	32	2.79	MD	3.34	65	3.05	MD	2.99	27	2.58	MF
2.57	27	2.47	D	3.24	42	2.58	F	2.56	100	2.86	MD	2.57	52	2.46	D
2.45	21	2.39	D	3.20	35	2.48	D	2.46	22	2.59	MF	2.46	20	2.12	MD
2.42	18	2.26	MD	3.05	35	2.38	D	2.01	18	2.47	D	2.42	12	2.02	MD
2.39	20	2.13	MD	2.57	77	2.25	MD	1.84	23	2.41	D	2.38	23	1.82	MD
2.25	19	1.99	MD	2.45	31	2.10	MD	1.66	23	2.23	MD	2.27	7	1.67	MD
2.13	24	1.70	MD	2.24	37	1.51	M	1.50	52	2.12	MD	2.03	10	1.50	F
2.00	24	1.64	MD	2.16	15	1.31	D	1.47	17	1.80	MD	1.81	12	1.34	D
1.66	17	1.53	D	2.03	17	1.25	MD			1.70	MD	1.70	12	1.30	MaD
1.50	50	1.50	F	1.98	16	1.22	MD			1.53	MD	1.54	12	1.14	MD
		1.30	D	1.50	42					1.50	F	1.50	32		
		1.25	D							1.46	MD				
		1.20	MD							1.38	MD				
		1.17	M							1.31	D				
		1.14	M							1.25	D				
										1.17	D				
										1.15	D				

TABLA IV

DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS TERCIARIAS DE LA MARGEN DERECHA DEL GUADALQUIVIR.—SEVILLA

Se-37		Se-40		Se-41		Se-42		Se-44		Se-45		Se-46	
dA	I/I <sub>0</sub>	dA	I/I <sub>0</sub>	dA	I/I <sub>0</sub>	dA	I/I <sub>0</sub>	dA	I/I <sub>0</sub>	dA	I/I <sub>0</sub>	dA	I/I <sub>0</sub>
15.77	100	15.36	100	14.72	100	15.10	100	14.68	100	14.72	100	14.97	25
14.25	68	9.88	6	10.91	17	7.69	19	12.99	24	10.10	34	11.05	17
10.22	20	8.62	11	10.34	9	7.53	17	10.46	10	7.22	42	10.40	22
7.69	68	8.19	9	7.13	58	7.13	38	10.10	10	5.06	28	7.19	56
7.10	68	7.83	27	6.19	20	6.65	32	9.02	13	4.48	37	6.70	32
6.68	40	7.19	38	5.18	17	6.32	15	7.76	12	4.25	21	5.64	28
6.32	38	6.32	14	5.04	14	5.73	20	7.40	24	3.86	15	4.99	48
4.48	93	5.01	14	4.94	11	5.15	16	7.13	17	3.50	26	4.49	100
4.25	51	4.46	88	4.48	69	5.02	25	6.70	15	3.34	25	4.31	63
3.90	43	4.27	53	4.27	42	4.48	47	4.95	10	3.22	23	3.75	50
3.73	76	3.57	39	3.57	21	4.27	31	4.48	37	2.56	35	3.52	46
3.57	53	3.47	21	3.50	17	3.59	30	4.27	25	2.46	12	3.36	77
3.34	52	3.35	62	3.34	40	3.50	28	3.57	24	2.41	11	3.24	40
3.04	36	3.29	19	2.57	47	3.34	21	3.34	19	2.39	10	3.06	31
2.82	23	3.04	29	2.44	29	2.82	19	3.13	9	2.23	6	2.58	88
2.57	68	2.90	13	1.68	27	2.57	47	2.56	36	1.66	5	2.46	46
2.45	40	2.57	72	1.50	38	2.45	29	2.45	17	1.50	17	2.26	42
2.39	30	2.49	27			2.40	20	2.39	15			2.15	22
2.29	21	2.44	18			2.35	17	2.23	20			1.99	20
2.24	24	2.38	14			2.25	16	2.13	6			1.70	22
2.09	21	2.28	14			2.16	13	2.00	5			1.67	25
1.97	9	1.82	9			2.13	8	1.83	5			1.50	66
1.93	13	1.70	12			1.82	7	1.82	6				
1.68	13	1.50	23			1.65	9	1.65	7				
1.50	42					1.54	9	1.50	22				
						1.50	32						

valores propios para este grupo de minerales. Una pequeña pérdida de peso en la zona de alta temperatura (800-900°) puede atribuirse a la presencia de algún  $\text{CO}_3\text{Ca}$  no eliminado totalmente en el tratamiento previo.

Los datos de análisis térmico diferencial proporcionan una confirmación de los resultados comentados.

En todas las curvas aparece un fuerte efecto endotérmico a 150° junto con otro del mismo signo y menos acentuado en la zona 525-575° (con preferencia a 550°) que podemos asignar a montmorillonitas con un elevado porcentaje de ilitas en diversos estados de alteración que hacen descender la temperatura a que se presenta el segundo efecto citado. Asimismo, un tercer efecto endotérmico en la región 812-845° es también característico de montmorillonita e ilitas alteradas.

Algunas muestras (34-37-40-42-45) presentan efectos endotérmicos ligeros o medios en la zona 650-725°, que atribuimos a restos de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  no eliminado suficientemente.

En la casi totalidad de los registros se observa un apreciable contenido de materia orgánica (efecto exotérmico a 312-350°) y en alguno se denota la presencia de óxidos libres (efectos endotérmicos débiles alrededor de 400°; muestras Se-4-34-35-37-40-44). La presencia de caolinita no se aprecia en estos registros.

Los diafragmas de difracción de rayos realizados en la fracción arcilla de estas muestras señalan que la montmorillonita es el componente principal, como se observa por la fuerte intensidad de la línea de 14 Å y espaciados mayores.

Se comprueba en todas las muestras que se solvataron con etilenglicol (33-34-35 y 36) en donde se ensancha el espaciado a 17,15 Å, 16,06 Å, 17,15 Å y 16,67 Å respectivamente.

Se encuentran asimismo presentes las restantes líneas de montmorillonoides, tales como las de 4,45-4,60 Å (M hasta MF); 2,55-2,60 Å (D a MF); 1,66-1,72 Å (D); y 1,49-1,52 Å (D a F), como también los sucesivos órdenes de reflexión basal.

En segundo lugar aparece como componente más abundante de estas arcillas la ilita, en diversos grados de alteración hacia minerales del grupo anterior, observado por las líneas de 9,9-10,1 Å (MD hasta M); 4,45-4,50 Å (D hasta MF); 3-34-3,35 Å (M a F); 2,56-2,58 Å (M hasta MF); 1,65-1,66 Å (MD a D), con líneas de intensidad media hasta fuerte a 1,50 Å, todas ellas fundamentales en diagramas de ilitas además de otras que se omiten en razón a la brevedad. Algunas de estas líneas pueden corresponder además de a la ilita a otros minerales micáceos menos alterados, hasta incluso micas potásicas y magnésicas.

Después de la montmorillonita y de los minerales micáceos, en diverso estado

de alteración, aparecen como componentes secundarios caolinita, cuarzo libre, calcita (si bien en muy pequeña proporción y solo en las muestras en que el tratamiento con acético no fue suficiente) y algún otro mineral del suelo entre los que podríamos citar por su mayor participación algunos óxidos de hierro en diversos estados de hidratación.

La caolinita se manifiesta por sus líneas características a 7,15 Å (M hasta F); 3,57 Å (D a M); 2,37 Å, 2,33 Å y 2,28 Å (MD a D), y otras a menores espaciados.

El cuarzo presente se comprueba por sus espaciados característicos en la casi totalidad de las muestras, con líneas a 4,26 Å (DM hasta D); 3,35 Å (D a F); 1,81 y 1,54 Å (MD), y otros órdenes de reflexión.

La calcita se denota por sus líneas a 3,03 Å; 2,49 Å; 2,28 Å; 2,09 Å; 1,92 Å; y otros.

Como resumen de las determinaciones físicoquímicas podemos establecer que las arcillas sedimentarias procedentes del Terciario de la margen derecha del Guadalquivir contienen montmorillonita como componente principal, seguida de un alto porcentaje de ilitas en diversos grados de alteración hacia minerales del grupo anterior, siendo el contenido de ilita de algunas muestras próximo al 50 %.

En proporción muy inferior a la de estos minerales se encuentran caolinita (cantidades apreciables), cuarzo libre y calcita. Los óxidos de hierro, en diversos grados de hidratación, le siguen en importancia.

## 2. ENSAYOS TÉCNICOS

La Tabla V contiene los datos correspondientes a los ensayos técnicos realizados con las arcillas brutas y las figs. 4 y 5 muestran los diagramas de secado de las probetas, a 50°C.

### *Plasticidad.*

Con excepción de las muestras Se-35 y Se-36, fuertemente micáceas y con alto porcentaje de arena, la casi totalidad presenta un alto valor de la plasticidad como corresponde a su naturaleza montmorillonítica-íltica y textura arcillo-arenosa. Los valores del índice de Riecke están comprendidos entre 11 y 22,3.

### *Desecación.*

La contracción por secado a 50°C de estas muestras oscila entre 20,77 % y 33,67 % —exceptuando la muestra Se-35 de mayor contenido en fracción

TABLA V

ENSAYOS TECNOLÓGICOS DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE SEVILLA.— SEDIMENTOS TERCIARIOS DE LA MARGEN DERECHA DEL GUADALQUIVIR

<i>Ensayos</i>	<i>Se-4</i>	<i>Se-33</i>	<i>Se-34</i>	<i>Se-35</i>	<i>Se-3</i>	<i>Se-37</i>	<i>Se-40</i>	<i>Se-41</i>	<i>Se-42</i>	<i>Se-44</i>	<i>Se-45</i>	<i>Se-46</i>
<i>Análisis mecánico.</i>												
Humedad % ... ..	4,50	6,17	5,34	3,22	4,32	4,10	3,80	4,70	2,70	4,10	3,20	4,80
Arena gruesa % ...	2,80	0,33	0,38	1,17	0,33	6,80	2,80	29,90	3,10	3,20	3,40	8,10
Arena fina % ... ..	56,30	33,50	35,09	68,68	52,72	26,60	10,80	23,80	26,80	10,50	20,10	16,70
Limo % ... ..	14,10	19,10	24,30	7,50	18,20	18,80	16,90	13,40	13,60	11,20	21,60	23,10
Arcilla % ... ..	25,80	46,70	39,50	22,40	28,30	47,70	68,10	31,50	55,20	73,50	53,70	50,60
Carbonatos ... ..	32,16	34,3	28,8	28	28	31	23	7	33	40	34	30
<i>Agua de desleimiento.</i>												
c. c. de agua/100 gr. de muestra ... ..	26	30,5	34	27,50	28,50	30	42	26	41	39	31	—
% de agua en mues- tra seca a 100°C .	20,6	23,37	25,37	21,56	22,18	23	29,5	20,6	29	28	23,6	—
<i>Plasticidad.</i>												
Límite de adherencia	27,66	33,78	29,34	22,49	28,87	31,69	43,19	26	42,70	39,69	35,35	33,50
Límite de arrolla- miento ... ..	18,86	18,40	18,32	20,07	25,18	18,86	20,90	18,71	23,30	21,60	17,53	18,58
Índice de Riecke ..	8,74	15,38	11,02	2,42	3,69	12,83	22,29	7,29	19,40	18,09	17,82	14,92
Resistencia a la com- presión: Kg/cm <sup>2</sup>	279,5	195,6	129,8	129	52,	199,5	166	107	334	284	290,4	—

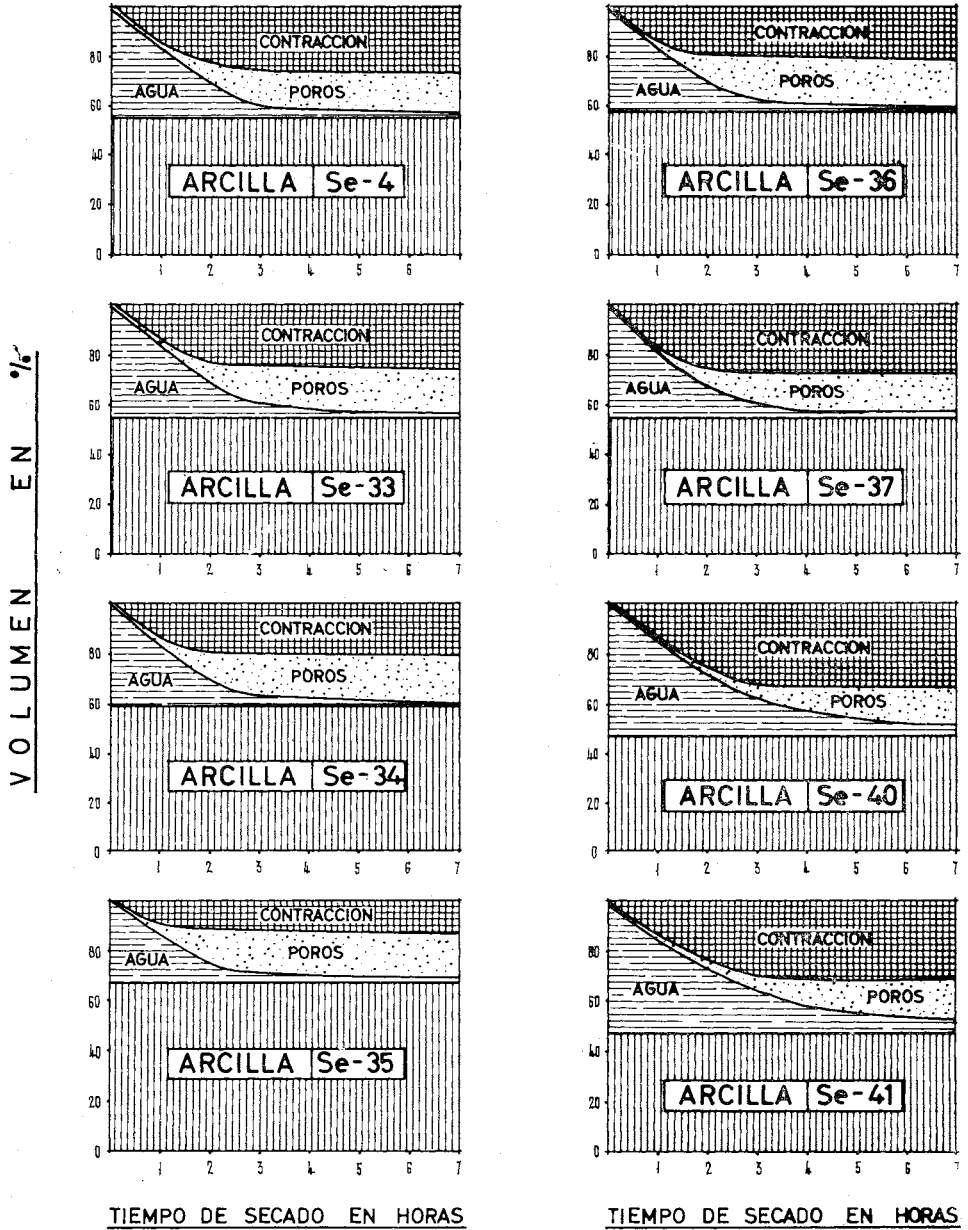


Fig. 4.—Diagramas de secado a 50°C de las muestras sedimentarias que se estudian.

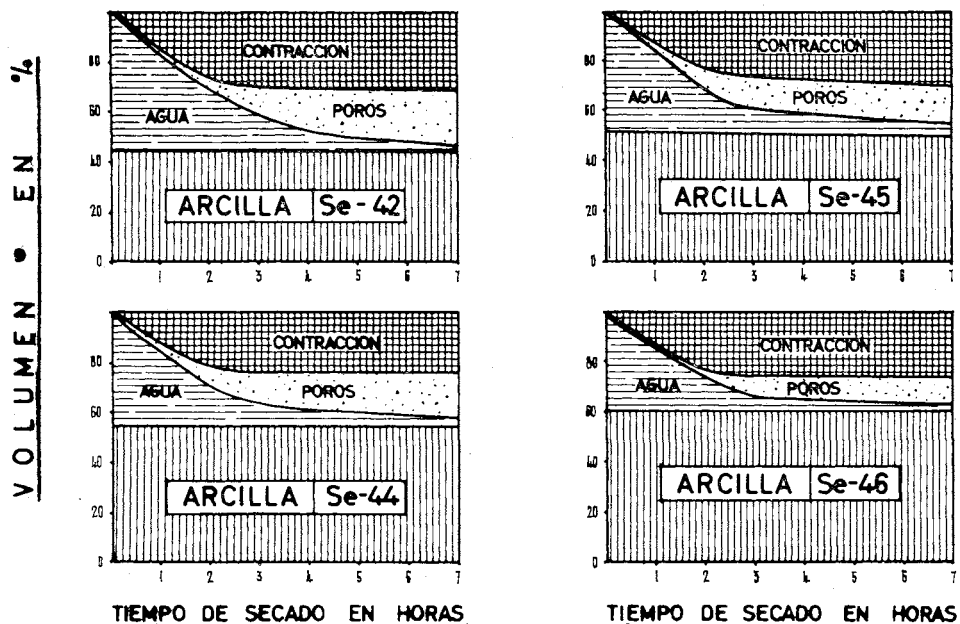


FIG. 5.—Diagramas de secado 50°C de las muestras sedimentarias que se estudian. (Conclusión.)

gruesa, que solo llega al 12,52 %— lo que está de acuerdo con lo que cabría esperar de estos materiales, bastante semejantes en su composición y textura, ya que se trata de sedimentos geológicamente análogos.

La velocidad de contracción es máxima en las dos o dos y media primeras horas, que para la mayor parte de las muestras la contracción es casi total en ese intervalo. La porosidad está comprendida entre el 15 y el 20 % en las muestras secas a 50°C.

#### Contracción por calcinación.

Hay que tener en cuenta que los datos de calcinación de estos materiales se refieren a las muestras naturales y que, con excepción de la Se-41, todas contienen un alto porcentaje de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  —del 28 al 34 % en las muestras de El Aljarafe y hasta el 40 % en las más próximas al Guadalquivir—. La fracción arcilla en las muestras de El Aljarafe está comprendida entre el 22,40 % y el 47,7 % y en las restantes entre 53,7 % y 73,5 %, por lo que los datos físicoquímicos obtenidos para dicha fracción exenta de carbonatos y materia orgánica no corresponden exactamente a los que presentan los materiales utili-

zados en la práctica por las respectivas industrias, si bien sirven de valiosa información.

La mayor contracción en volumen por efecto de la calcinación a 95.º la experimentan las muestras Se-42 a la Se-45, en las que supone hasta el 22 % sobre muestra seca a la temperatura ambiente. Las procedentes de El Aljarafe, debido a su alto contenido en fracciones gruesas contraen muy poco —un 4 % como máximo— y algunas como la Se-41, con un 30 % de arena gruesa, no contraen. Esta última muestra presenta un alto porcentaje de cuarzo y creemos que se trata de un producto de meteorización de rocas más antiguas enquistado en los sedimentos de la muestra Se-40, de acuerdo con lo que hacíamos constar en la descripción de la toma de muestras. La fracción arcilla extraída de este material presenta el mayor contenido en hierro y la muestra natural es la más pobre en carbonatos.

Por la cocción, las probetas preparadas con margas azules (Se-4, Se-42 y Se-45) y con los materiales de la zona de El Aljarafe (Se-33, 34 y 37), adquieren una tonalidad hueso uniforme, de agradable aspecto. La muestra Se-35 adquiere por calcinación un tono rojizo claro y la Se-41 un color rojo ladrillo fuerte, de acuerdo con su alto contenido en hierro. Las Se-36 y Se-40 presentan colores intermedios.

La muestra Se-35 de El Aljarafe conserva nódulos pequeños de óxido cálcico después de la cocción, dato que hay que tener en cuenta por su efecto perjudicial.

Para terminar hemos de destacar que en ninguna muestra se apreciaron comienzos de sinterización, a pesar de haber llegado a los 950°C.

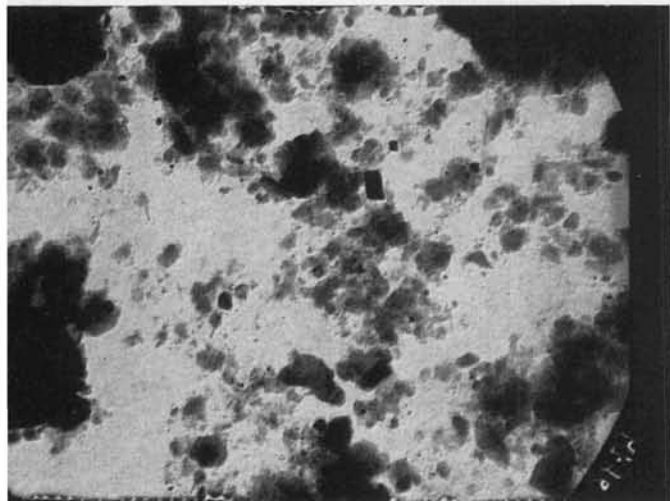
#### *Resistencia mecánica.*

Sólo se efectuaron medidas de resistencia a la compresión en muestras calcinadas, apreciándose valores medios hasta altos en la mayor parte de las probetas. Se destacan las procedentes de margas azules, Se-4, Se-42 y Se-45, con valores de 279,5; 334 y 290 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Puede concluirse que las arcillas sedimentarias pertenecientes al Terciario de la margen derecha del Guadalquivir, situadas con preferencia en terrenos del Mioceno, reúnen muy buenas cualidades para la obtención de productos cerámicos ordinarios, si se les adicionan pequeñas cantidades de materiales más sueltos (limos o materiales arcillo-limosos cuaternarios) que modifiquen la plasticidad y el alto valor de la contracción por secado y calcinación.

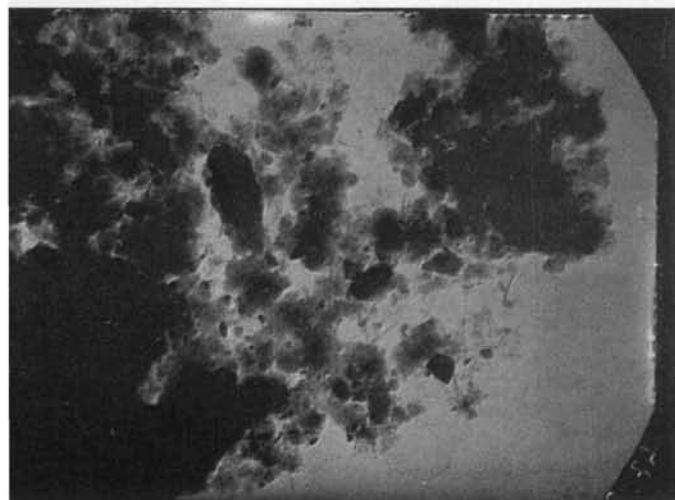
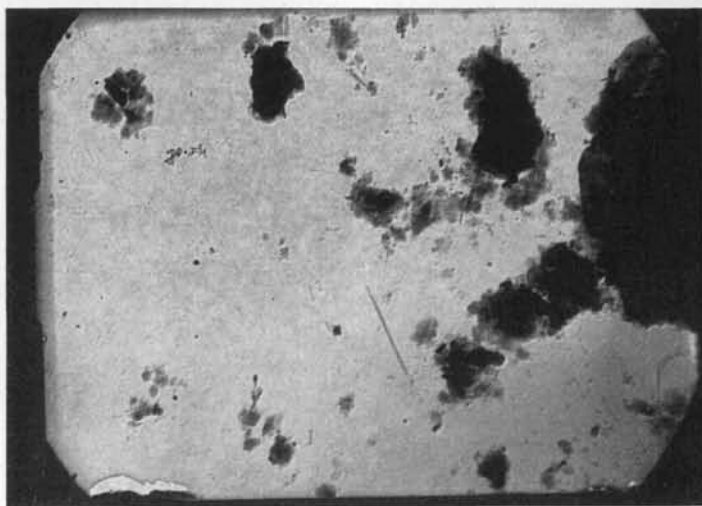
Tratándose de materiales que cocidos adquieren gran compacidad, color claro de buen aspecto, resistentes, exentos de nódulos de cal y sin eflorescencia, pro-





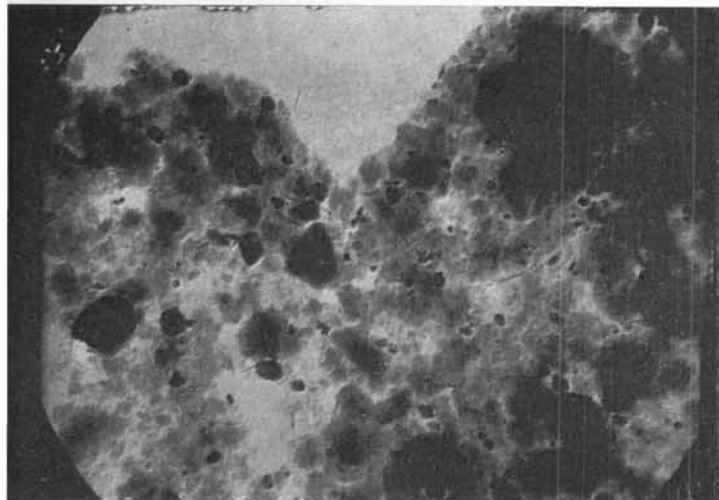
I. Se-4.—Illita, sepiolita de fibra ancha, recta, corta por lo general; mica, calcita en romboedros muy pequeños; el hierro es coloidal y está absorbido en bandas frecuentemente sobre micas, existiendo otra fracción suelta microgoethítica.

II. Se-34.—Illita más alterada que la anterior; sales oscureciendo a otros minerales, sepiolita, hierro microgoethítico suelto y en pequeños glomérulos, otro con aspecto de láminas arrugadas; gel de sílice y microcalcita.



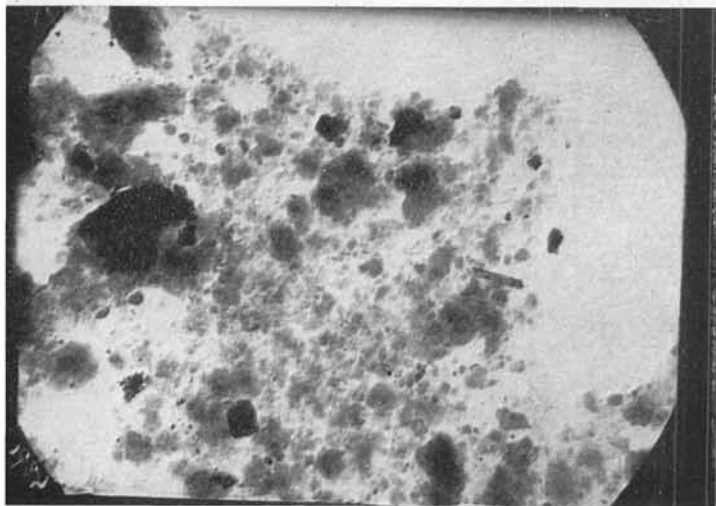
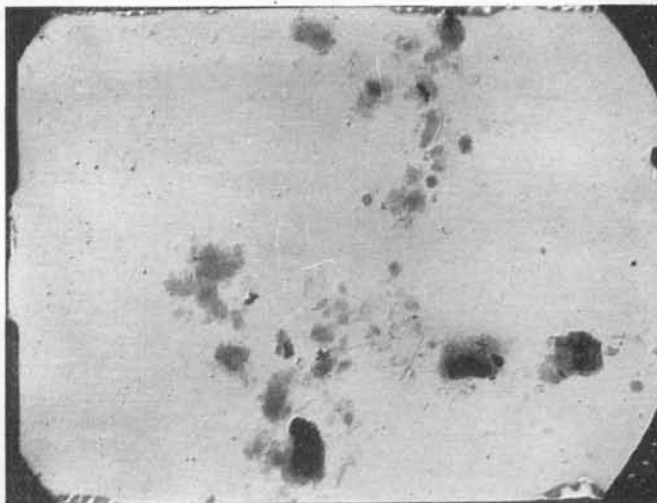
III. Se-37.—Illita, la sepiolita domina la cintiforme sobre la acicular, todas cortas; hierro de tres clases: microasterisco, acidular suelto (goethita) y semejante a láminas arrolladas; romboedros de calcita, escasas caolinitas no netas, mica tenue más o menos redondeada y en pajuelas.

FIG. 6.—Microfotografías electrónicas obtenidas en visión directa de las muestras Se-4, 34, 37. 8.000 aumentos.



IV. Se-40.—Semejante y distinta de la anterior: *ilita montmorillonoides, sepiolita, hierro predominando el de forma en asterisco, neto grande y el coloidal que se sitúa en el borde deromboedros, micas y caolinitas. Más yesifera, calcita, caolinitas más netas y frecuentes que en la anterior; mica subangular.*

V. Se-41.—*Sepiolita más normal pero corta ilita, mica, caolinitas netas frecuentes, montmorillonoides, gel de sílice, hierro goethítico en glómérulos y asteriscos sueltos; romboedros de calcita.*



VI. Se-45.—*Todos los minerales están presentes: ilita, sepiolita ancha; mica, caolinita, ¿clorita?. calcita, micas gruesas y algunas formas semejantes a yesos.*

FIG. 7.—Microfotografías electrónicas obtenidas en visión directa de las muestras Se-40, 41 y 8.000 aumentos.

cedentes de yacimientos muy próximos a la ciudad de Sevilla, es natural que durante siglos hayan sido la materia prima principal de la tradicional industria alfarera del sevillanísimo barrio de Triana. En sus proximidades se encuentran los limos y arcillas fuertemente ílticas del Guadalquivir (1) empleadas como desengrasantes de las margas azules que se incluyen en el presente trabajo.

Estas pastas cerámicas, ya sea elaboradas en barro cocido o "juaguete", ya vidriadas, son la base de la extensa gama de materiales de construcción y adorno y de otros utilizados en la vida doméstica, característicos del estilo "sevillano", divulgados en las contrucciones de la Exposición Iberoamericana del año 1929.

Estos datos pueden ser de interés para las nuevas industrias cerámicas que se están montando en la zona de Sevilla, acogidas al Polo de Desarrollo.

### 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: II.—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. BRINDLEY, G. W.: "X-ray Identification and Crystal Structures os Clay Minerals". The Mineralogical Society. Londres (1951).
4. MACKENZIE, R. C.: "The differential Thermal Investigation of Clays". The Mineralogical Society, Londres (1957).
5. ALEIXANDRE, V. y GARCÍA VERDUCH, A.: "Relaciones entre algunas propiedades físicas, químicas y técnicas de las arcillas (I) (II) y (III)". An. Edaf. Tom. IX, 357-564 (1950). Tomo X, 207-246 (1951), y tomo X, 327-400 (1951).
6. SALMANG, H.: "Los fundamentos físicos y químicos de la Cerámica". Edit. Reverté, S. A. Barcelona (1955).

