

# Arcillas cerámicas de Andalucía

## VI. - Yacimientos terciarios y cuaternarios de la provincia de Huelva. Comarcas de Huelva y El Condado.\*

G. GARCIA RAMOS, F. GONZALEZ GARCIA,  
J. L. PEREZ RODRIGUEZ y J. OLMEDO PUJOL

### RESUMEN

*Se estudian veintiséis muestras de arcilla de interés cerámico, procedentes de diversos yacimientos en explotación situados en el Sur de la provincia de Huelva, en las comarcas de El Condado y zona costera.*

*Los materiales proceden de sedimentos terciarios (la mayor parte) y cuaternarios, constituidos por margas de textura arcillo-arenosa o arcillo-limosa y se emplean en la fabricación de ladrillos y tejas en fábricas modernas de gran producción. Los materiales más plásticos se utilizan en alfarería y talleres de cerámica artística en Huelva y Trigueros.*

*Las técnicas empleadas han sido las 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 moldeo, plasticidad (Riecke), porosidad, secado a 50° C. (Diagramas de Bourry), contracción por calcinación, peso específico y resistencia a la compresión en probetas calcinadas.*

*Se desprende que estas arcillas son de naturaleza fundamentalmente montmorillonítica, con una elevada participación de minerales caoliniticos y micáceos (ilita y micas potásicas). Como minerales secundarios y accesorios contienen cuarzo, geles y feldespatos.*

*Todas las muestras contienen cantidades medias hasta altas de calcita en grano fino, que en ciertos casos es de mayor tamaño y puede llegar a ser perjudicial sin un tratamiento conveniente.*

*Las pruebas tecnológicas indican que se trata de materiales naturales de buenas propiedades cerámicas, de utilidad para la industria de materiales de construcción, y en otros casos para alfarería y cerámica artística.*

*La gran potencia de los yacimientos, su fácil explotación y laboreo, su situación en terreno llano y de buenas comunicaciones y la constancia en la composición química y textura de la materia bruta, hace que los consideremos de interés industrial.*

\* Investigación realizada en la Sección de Silicatos del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto y Facultad de Ciencias. Universidad de Sevilla.

## SUMMARY

*Twenty six samples of clay, interesting from the ceramic viewpoint, from several beds located in the South of the province of Huelva, in the country of El Condado and the coast have been studied.*

*The great majority of materials belong to the Tertiary and Quaternary sediments and are formed by marls of sandy or silty clayed texture. They are used by large modern factories producing bricks and tiles. The more plastic materials are used by pottery and artistic ceramic industries in Huelva and Trigueros.*

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

*It is concluded that these clays are fundamentally of montmorillonitic nature, with, a high proportion of kaolinitic and micaceous minerals (illite and potassic micas). They contain as secondary minerals, quartz gels and feldspars.*

*All the samples contain medium to high quantities of fine grain ed calcite, which, in some casos, may be of larger size, being pernicious without previous treatment.*

*The technological tests suggest that these materials are of good ceramic properties, useful in the building industry and in other cases, for pottery and artistic ceramics.*

*The great depth of these beds, their easy exploitation and working, their situation on flat and well communicated land and the constancy of chemical and textural composition of the raw materials make them of industrial interest.*

## I. Introducción.

Continuando el estudio publicado en trabajos anteriores (1), (2), (3), (4) y (5), completamos el de las arcillas cerámicas de Huelva con las procedentes de una serie de yacimientos en explotación situados en terrenos sedimentarios de las zonas de Huelva y El Condado, en el sur de la provincia. Comprende 26 muestras de sedimentos terciarios y cuaternarios localizados en Beas, Trigueros, Huelva, Moguer, La Palma del Condado, Villalba del Alcor, Lucena del Puerto, Bonares, Niebla, Rociana, Gibraleón y Cartaya.

Se resumen las propiedades fisicoquímicas y características tecnológicas más importantes orientadas 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 CERAMICAS DE HUELVA  
SEDIMENTOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS. ZONAS DE HUELVA Y  
EL CONDADO

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<i>Beas.</i> —Cruz Verde, S. E. del pueblo. (Referencia tomada en el tejlar.)	Se supone, por las informaciones recibidas, que está tomada en una zona de contacto del Plioceno con el Diluvial.	H-11. — Vetas "magras" y "grasas" alternando en la masa general. Textura arano-arcillosa, con carbonatos.	Tejas y ladrillos.
" "	" "	H-12. — Bloques compactos amarillo-claros. Con vetas azuladas e irrisaciones amarillo-rojizas de óxidos. Se trata de las vetas más arcillosas del sedimento. Textura arcillo-limosa. Abundantes carbonatos.	Tejas y ladrillos.
<i>Beas.</i> — Corte: "Matahijo" a 200 m. en la carretera de Beas a Trigueros.	Corte de 1 a 1,5 metros de profundidad y 20 m. de amplitud. Orientado al N. Sedimentos marinos del Plioceno.	H-13. — Bloques compactos, amarillo-claros, tomados a 70 cm. de la superficie. Fractura concoide abundante y poco visible moteado amarillo-rojizo de óxidos de Fe. Textura arcillo-limosa. Abundantes carbonatos.	Ladrillo macizo y hueco y tejas.
<i>Trigueros.</i> — Salida hacia San Juan, S. W. del pueblo.	Explotación rectangular de 20 por 60 m. de superficie y 4 m. de profundidad, contigua a la fábrica. Por sondeo se valora en 25 metros la potencia del sedimento por encima de la greda. Sedimentos marinos del Plioceno.	H-14. — Bloques compactos de arcilla amarillo-clara impregnados con vetas amarillo-oscuras. Con fósiles. Tomados en el corte a 3 m. de la superficie. Textura arcillo-arenosa. Con carbonatos.	Fábrica moderna de ladrillos de todas clases. Existe asimismo un buen taller de cerámica artística de la firma "Pepita Palacios", que exporta sus productos fuera de la región.

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<i>Huelva.</i> — Carretera a Gibraleón, proximidades del Santuario de La Cinta.	Gran corte de los "Cabezos de Huelva" de la fábrica "La Aurora". Plioceno.	H-16. — Bloques compactos amarillo-azulados con fósiles y nódulos oscuros de óxido de hierro. Textura arcillo-limosa. Abundantes carbonatos.	Ladrillo.
" "	Corte propiedad de "Cerámica Onubense", más al Norte del anterior. Semejante al anterior. Plioceno.	H-17. — Bloques arcillosos compactos, gris azulados, con fósiles y nódulos de óxido férrico. Textura arcillo-limosa. Abundantes carbonatos.	Ladrillo en fábrica moderna. Se utiliza además en alfarería.
" "	" "	H-18. — Bloques limo-arenosos amarillentos "barro flojo" con fósiles. Abundantes carbonatos.	Ladrillos.
<i>Huelva.</i> — Cardeña. Km. 2 de la carretera a Gibraleón. Parte E. de la carretera.	Amplio corte semicircular de 200 metros de diámetro bastante homogéneo. Con alguna veta de "caliche" que apartan. Plioceno de los Cabezos de Huelva.	H-19. — Masas compactas amarillentas, las más arenosas, y azuladas las arcillosas. Con fósiles. Con venas y nódulos amarillos de óxidos de hierro. Abundantes carbonatos.	Ladrillos de todas clases en fábrica moderna.
<i>Moguer.</i> — Turbera de Mazagón, junto a la Laguna de las Madres. Carretera de Palos a Mazagón, a 300 m. de la turbera.	Zona alta entre pinares, desprovista de vegetación arbórea y poca vegetación baja. Diluvial.	H-20. — Corresponde a un horizonte situado entre 1,30 y 1,80 m. Se presenta como un barro rojizo, plástico y poco permeable. Textura arenosa. La arena está cementada por un material fino que constituye el 24 por 100 y que es la muestra H-20.	Para investigación.

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<i>La Palma del Condado.</i> — Barreiro de La Lobera. Carretera de La Palma a Bollullos, Km. 1,5; 200 m. al W.	Gran corte orientado al NE. de 150 metros y 10 de potencia. Margas amarillentas muy compactas, que alternan con otras azules. Margas glauconíferas fosilíferas. Plioceno.	H-27. — Masas compactas azuladas muy plásticas, tomadas a 2 m. de la superficie. Textura arcillo-limosa. Pocos carbonatos.	Ladrillos.
" "	" "	H-28. — Bloques compactos amarillentos formados a 4,5 m. de la superficie. Textura areno-arcillosa. Abundantes carbonatos.	Ladrillos, mezclada con la anterior.
<i>La Palma del Condado.</i> — Camino de los Siglos, cruce de la carretera de La Palma a Bollullos.	Corte de nueva explotación, de 100 metros de frente por 8 de profundidad, orientado al NE. Plioceno.	H-29. — Marga arcillosa azulada tomada a 8 m. de la superficie. Textura arcillo-arenosa. Abundantes carbonatos.	Ladrillos en fábrica moderna de Bollullos.
<i>Villalba del Alcor.</i> —"Barrio Nuevo de la Fuente". Afueras del pueblo. Salida SO.	Gran corte de más de 30 m. de frente y 8 de potencia con orientación al N. Plioceno.	H-30. — Arcilla azulada compacta. "Barro fuerte" tomado a 2 m. del horizonte superior. Textura arcillo-limosa. Abundantes carbonatos.	Tejas y mezclado con otro material más arenoso para ladrillos.
" "	" "	H-31. — Masas amarillentas muy arenosas que deben corresponder a las areniscas margosas de esta zona pliocena. Textura arenosa y contenido medio en carbonatos.	Ladrillos.

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<p><i>Moguer.</i>—“Cuesta de la Rivera” a 500 m. de Moguer en el Camino al Puerto Viejo en el río Tinto.</p>	<p>Corte de 50 m. de frente y 20 de potencia orientado al E. Prácticamente al nivel del río. Sedimentos compactos no homogéneos. Plioceno de Huelva. Arcillas margosas plásticas con delgadas capas de yeso.</p>	<p>H-32. — Masas de arcilla muy compacta amarillentas con nódulos y vetas de óxidos de hierro. Láminas de yeso de un centímetro de espesor. Fractura irregular. Textura arcillo-limosa. Abundantes carbonatos.</p>	<p>Ladrillo de todas clases en fábrica moderna.</p>
<p><i>Lucena del Puerto.</i> — La Pasadera. Salida de Lucena hacia Moguer.</p>	<p>Varios cortes próximos con orientación Sur en los sedimentos del Plioceno.</p>	<p>H-33. — Bloques aplanados amarillos claros y fractura prismática. Con fósiles y nódulos de óxidos. Textura arcillo-arenosa. Carbonatos abundantes.</p>	<p>Ladrillo macizo.</p>
<p><i>Bonares.</i>—El Villar. Fábrica a la salida del pueblo hacia Lucena.</p>	<p>Corte en el interior del recinto de la fábrica de unos 40 m. de frente y orientación Norte-Sur. Más de 15 m. de potencia. Presenta dos capas, la superior limo-arenosa amarillenta y la inferior arcillosa compacta, amarillo-azulada. Plioceno, sedimentos más profundos.</p>	<p>H-34. — Bloques prismáticos arenosos que se disgregan en una arena amarilla muy fina. Con nódulos pequeños negros y fósiles. Textura arenosa. Contenido medio en carbonatos.</p>	<p>Ladrillos de todas clases en fábrica moderna.</p>
<p>” ”</p>	<p>” ”</p>	<p>H-35. — Grandes bloques prismáticos muy compactos amarillo - azulados, con fósiles. Vetas amarillas de óxido de hierro y nódulos. Textura arcillosa. Abundantes carbonatos.</p>	<p>” ”</p>

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<i>Niebla.</i> — Km. 6 de la carretera de Rociana a Niebla, lado derecho de la carretera.	Corte rectangular de 50 × 15 m.; 2 m. de potencia, en los profundos sedimentos del Plioceno.	H-36. — Masas compactas amarillentas con vetas azules intercaladas. Veteado o bolsas amarillas con raíces. Sin fósiles. Textura areno-arcillosa. Contenido medio en carbonatos.	Ladrillo de todas clases.
<i>Rociana.</i> — Salida hacia Niebla.	Corte profundo rectangular que contiene varios hornos discontinuos. Existen varios horizontes diferenciados: 1.º El superior, hasta 1,5 metros, muy calizo. 2.º De "cabeza" arenoso - compacto, amarillo, hasta 5,5 metros. 3.º Barro "fuerte" azul hasta 7,5 m. 4.º Arenoso llamado "De Saja" hasta 9 m. Plioceno.	H-37.—Barro de "cabeza" amarillo, con fósiles grandes y pocos nódulos de hierro. Textura areno-arcillosa. Bajo contenido en carbonatos.	Ladrillo macizo.
" "	" "	H-38. — "Barro fuerte" tomado a 5,5 m., muy compacto, azulado. Con fósiles y pequeños nódulos amarillos. Textura areno-arcillosa. Contenido bajo en carbonatos.	Teja y ladrillo macizo.
" "	" "	H-39. — "Barro de Saja", más arenoso. Tomado a partir de los 7,5 m. amarillento, con manchas azuladas y fósiles conchíferos. Con nódulos de óxidos de hierro. Contenido medio en carbonatos.	Ladrillo macizo.

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<p><i>Huelva.</i> — Romeralejo. Carretera a San Juan junto al fielato. Lado Norte.</p>	<p>Amplio corte en semicírculo de 200 metros de perímetro, orientado de NO a SE y 5 m. de altura. Margas glauconíferas fosilíferas de los Cabezos de Huelva. Plioceno.</p>	<p>H-40. — Bloques prismáticos de margas muy compactas azulado-amarillentas con fósiles. Textura arcillo-arenosa. Contenido medio en carbonatos.</p>	<p>Ladrillo hueco en fábrica moderna.</p>
<p><i>Gibraleón.</i> — El Tejar. 300 metros al Este de la estación. Carretera de Trigueros.</p>	<p>Gran corte de 100 m. de frente orientado al Norte, muy homogéneo. Plioceno. Margas glauconíferas fosilíferas.</p>	<p>H-41. — Bloques prismáticos amarillentos con vetas verticales (en el yacimiento) de óxidos de hierro. No se aprecian fósiles en la muestra. Textura arcillo-arenosa. Contenido medio en carbonatos.</p>	<p>Ladrillo de todas clases. Varias fábricas.</p>
<p><i>Cartaya.</i> — Salida del pueblo hacia El Rompido. Lado N.</p>	<p>Corte en los sedimentos pliocenos de Huelva, de 80 m. de frente y 10 de potencia. Orientación Oeste con estratos horizontales grises de más de 1 m. de espesor en la marga amarilla.</p>	<p>H-47. — Marga amarillenta compacta con nódulos de óxido de hierro. Sin fósiles apreciables a simple vista. A veces con pequeñas margosas azules. Textura arenolimoso. Muy pocos carbonatos.</p>	<p>Ladrillo de todas clases.</p>
<p>” ”</p>	<p>” ”</p>	<p>H-48. — Las vetas grises compactas con fósiles intercaladas en la marga amarilla. Textura areno-arcillosa. Muy pocos carbonatos.</p>	<p>” ”</p>

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 desliamiento, plasticidad (Riecke), secado a 50° (diagramas de Bourry), porosidad, con-



tracción por calcinación, peso específico y resistencia a la compresión en probetas calcinadas.

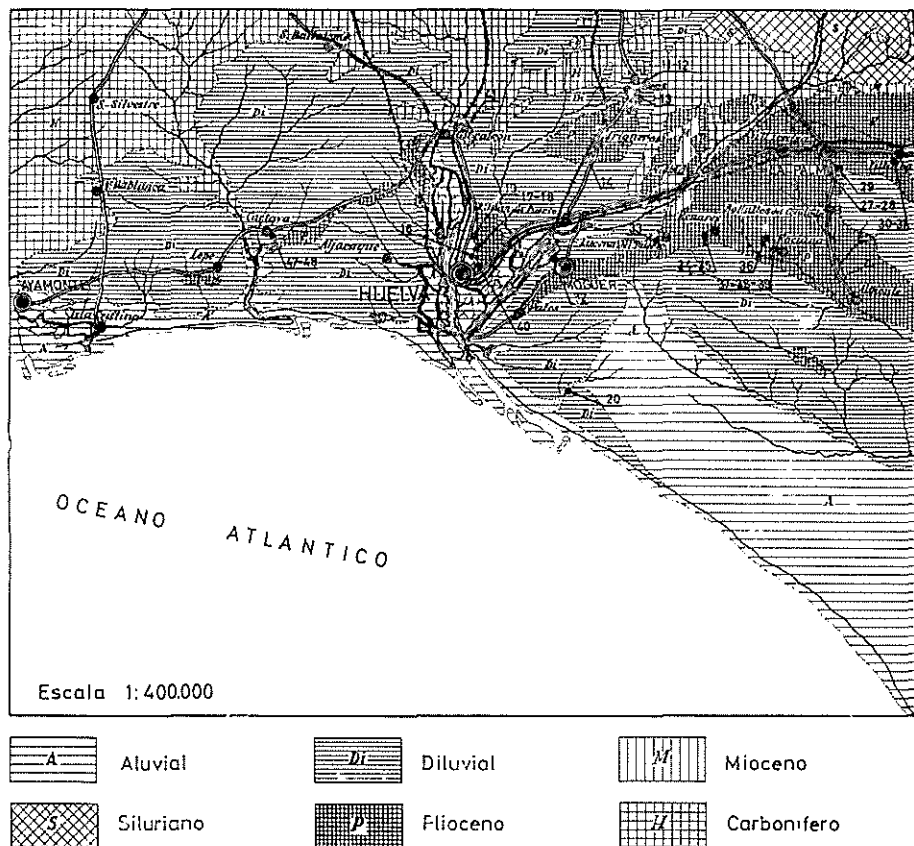


FIG. 1.—Croquis del mapa geológico de la zona en que se encuentran los materiales sedimentarios que se estudian.

En las determinaciones mecánicas y fisicoquímicas se han empleado los métodos usuales en el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto (6), (7), (8). Los ensayos tecnológicos (9) se realizaron en los laboratorios de la Sección de Silicatos de Sevilla y las pruebas de resistencia a la compresión, en el Laboratorio Regional de Materiales de Obras Públicas. Las fotografías con el microscopio electrónico fueron hechas en el Laboratorio de Óptica Electrónica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

### III. Datos experimentales y discusión.

En las Tablas II y III se incluyen los datos del análisis químico y capacidad de cambio de estos materiales. Las figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7 corresponden a las

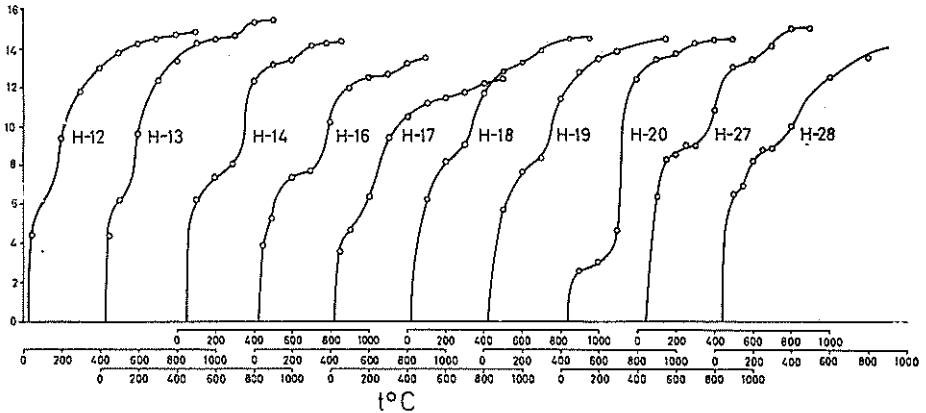


FIG. 2.—Curvas de análisis térmico ponderal de las muestras de terrenos sedimentarios de la provincia de Huelva. Comarcas de Huelva y El Condado.

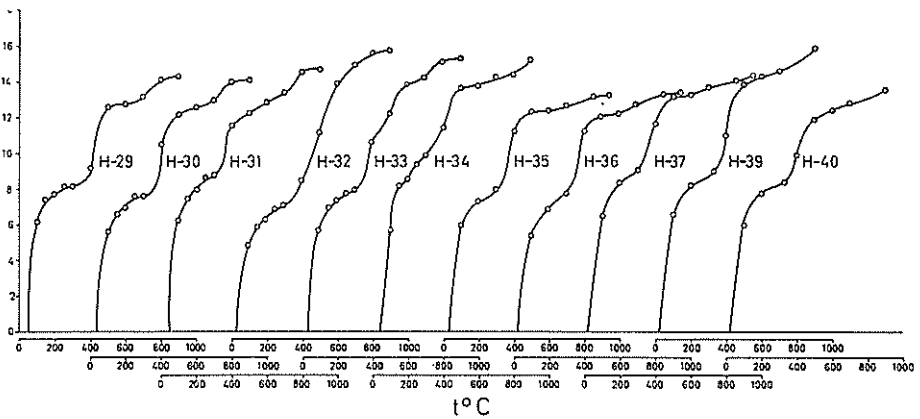


FIG. 3.—Curvas de análisis térmico ponderal de las muestras de terrenos sedimentarios de la provincia de Huelva. Comarcas de Huelva y El Condado (conclusión).

curvas de deshidratación y registros de A. T. D., y las Tablas IV, V, VI, VII y VIII contienen los datos de difracción de rayos X. Las fotografías con el microscopio electrónico se incluyen en las figuras 8 y 9.

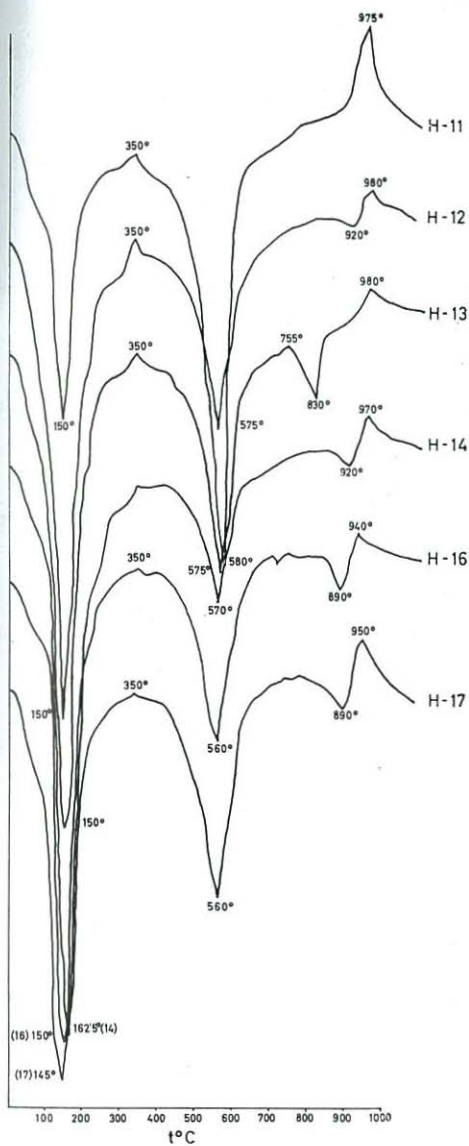


FIG. 4.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras de Huelva y El Condado.

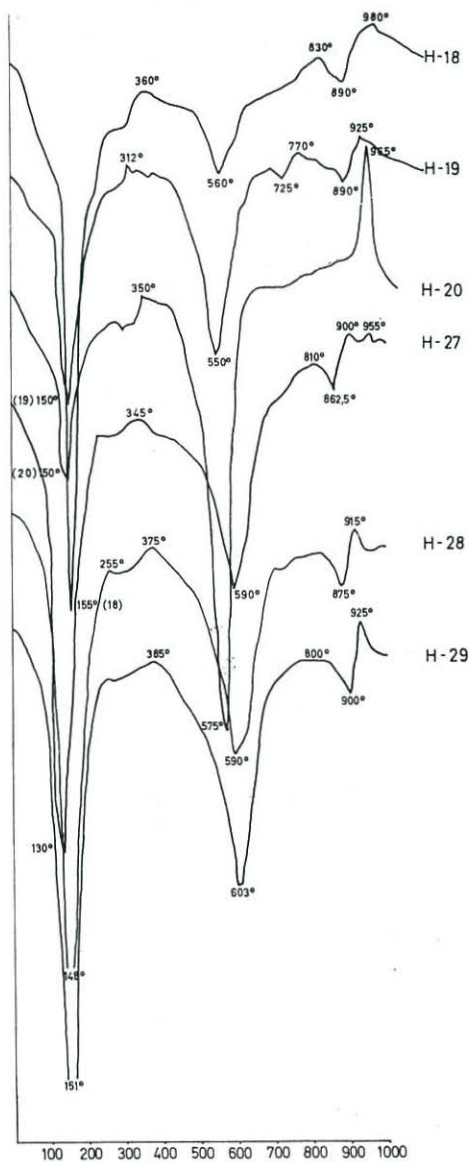


FIG. 5.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras de Huelva y El Condado.

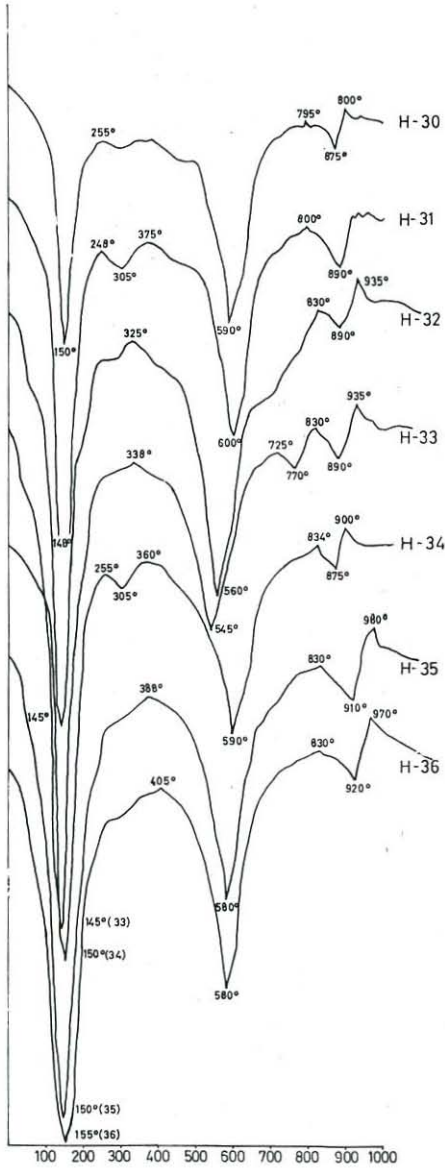


FIG. 6.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras de Huelva y El Condado.

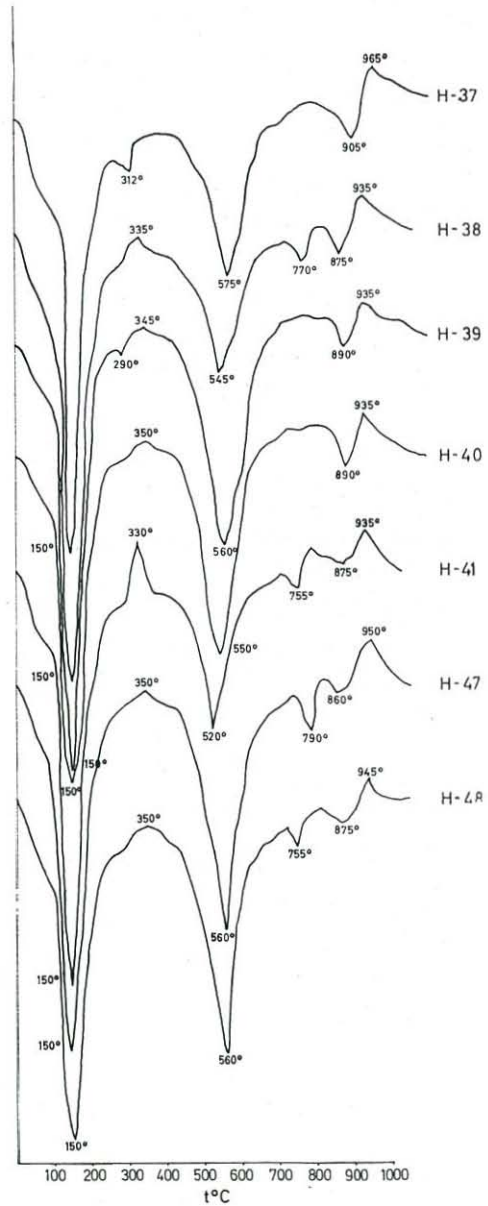


FIG 7.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras de Huelva y El Condado (conclusión).

TABLA II

ANÁLISIS QUÍMICO Y CAPACIDAD DE CAMBIO. ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. SEDIMENTOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS (\*)

Muestra	H-11	H-12	H-13	H-14	H-16	H-17	H-18	H-19	H-20	H-27	H-28	H-29	H-30
SiO <sub>2</sub> ... ..	45,22	49,53	45,84	53,13	48,03	49,62	50,71	46,53	43,01	54,15	52,62	53,47	53,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	32,82	28,83	24,08	25,39	23,31	26,00	20,08	27,95	33,78	20,58	19,18	24,00	23,39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	6,26	6,80	8,47	7,43	9,99	6,28	12,38	7,26	8,10	6,11	7,65	5,81	4,20
TiO <sub>2</sub> ... ..	0,52	0,29	0,59	0,73	0,78	1,12	0,82	0,38	0,40	1,54	1,40	1,65	2,24
CaO... ..	0,40	2,11	0,76	0,33	1,54	0,49	2,26	0,83	1,01	4,05	3,05	4,75	3,21
MgO... ..	1,14	2,49	2,77	3,08	3,76	4,78	3,16	3,64	0,88	0,74	1,93	—	1,20
K <sub>2</sub> O... ..	0,51	2,32	2,34	2,66	3,38	3,38	2,79	2,90	1,16	3,85	3,76	3,56	3,62
Na <sub>2</sub> O ... ..	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,46	1,01	0,66
Pérdida por calcina- ción ... ..	14,13	7,05	12,63	8,02	9,98	8,00	7,95	8,87	11,95	8,33	7,97	7,79	7,99
<i>Total</i> ... ..	100,00	99,42	100,86	100,77	100,83	100,68	100,15	99,36	100,29	99,98	98,02	102,04	99,91
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> ... ..	3,40	8,73	7,95	8,08	7,83	7,67	9,54	7,41	3,13	8,98	9,54	10,73	4,76
SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	2,06	2,49	2,58	2,91	2,66	2,67	2,94	2,39	1,85	3,48	3,46	3,04	3,15
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	2,33	2,91	3,23	3,55	3,50	3,23	4,22	2,83	2,16	4,47	4,66	3,78	3,91
SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	19,31	19,16	14,39	19,21	12,68	20,69	10,96	17,20	14,03	23,59	18,30	24,49	33,85
Capacidad de cam- bio meq./100 g....	34,42	45,44	48,75	46,40	42,79	41,03	50,50	44,33	18,56	49,10	51,60	50,20	45,30

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

TABLA III

ANÁLISIS QUÍMICO Y CAPACIDAD DE CAMBIO. ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. SEDIMENTOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS (\*)

Muestra	H-31	H-32	H-33	H-34	H-35	H-36	H-37	H-38	H-39	H-40	H-41	H-47	H-48
SiO <sub>2</sub> ... ..	53,34	48,60	51,37	52,51	48,35	51,15	43,95	51,70	50,80	47,18	47,95	44,90	47,59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	20,09	21,90	23,35	19,63	27,79	26,89	29,96	23,18	22,30	29,31	23,30	27,71	26,99
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	6,67	5,12	4,20	9,82	5,83	6,92	8,33	9,40	11,13	6,48	10,00	7,89	8,58
TiO <sub>2</sub> ... ..	2,85	2,58	1,96	2,21	0,70	0,36	0,75	0,72	0,40	0,44	0,62	0,35	0,62
CaO... ..	2,85	4,28	4,16	3,97	2,87	1,60	2,44	2,82	2,22	2,84	3,35	4,02	4,74
MgO... ..	2,03	2,96	2,05	0,82	3,16	3,12	3,10	3,60	3,88	3,36	2,34	2,73	1,55
K <sub>2</sub> O... ..	3,70	3,68	4,08	3,27	3,42	2,91	3,46	2,84	2,33	2,40	2,17	2,36	2,27
Na <sub>2</sub> O ... ..	0,67	0,59	1,03	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pérdida por calcina- ción ... ..	7,88	10,73	9,10	7,96	8,25	6,71	8,20	6,60	7,34	8,81	9,46	10,58	7,02
<i>Total</i> ... ..	100,08	100,44	101,30	100,93	100,37	99,66	100,19	100,86	100,44	100,82	99,19	100,54	99,36
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> ... ..	9,18	7,08	8,57	10,29	7,60	6,75	8,79	10,02	8,95	8,00	8,81	8,15	7,49
SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	3,24	2,90	3,06	3,10	2,53	2,73	2,06	2,91	2,87	2,35	2,66	2,29	2,42
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	4,51	3,77	3,73	4,54	2,94	3,22	2,48	3,79	3,85	2,73	3,49	2,75	2,98
SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	21,28	25,26	32,56	14,29	22,30	19,79	14,06	14,57	12,07	19,10	12,65	15,24	14,66
Capacidad de cam- bio meq./100 g....	48,90	41,20	47,97	47,28	54,00	56,20	45,80	45,44	53,36	53,26	56,00	50,70	47,40

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

TABLA IV

DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. SEDIMENTOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS.

H-11		H-12		H-13		H-14		H-16		H-17	
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>
7,25	96	14,717	89	15,76	100	14,717	100	16,35	63	14,47	100
4,49	50	10,04	10	9,92	19	10,04	17	9,92	20	9,92	36
3,53	100	7,07	76	7,07	64	7,07	31	8,03	24	7,07	76
2,56	20	4,97	32	5,40	31	3,90	28	7,13	5	6,06	36
2,49	15	4,43	99	4,92	29	5,36	28	5,71	37	5,36	33
2,33	14	4,22	67	4,43	10	5,15	19	5,09	50	4,92	34
1,68	15	3,49	36	4,22	60	5,06	13	4,43	100	4,43	12
1,48	30	3,33	29	3,86	64	4,92	19	4,22	4	4,22	61
		3,24	21	3,49	45	4,43	9	3,63	39	8,70	59
		2,86	13	3,34	49	4,22	72	3,50	39	3,51	76
		2,56	100	3,17	64	3,78	28	3,34	38	3,33	65
		2,42	25	3,04	42	3,55	25	3,19	50	3,18	62
		2,12	11	2,88	43	3,50	50	2,97	37	2,93	22
		1,69	25	2,56	95	3,34	39	2,86	26	2,79	22
		1,49	58	2,49	43	3,21	17	2,56	68	2,56	91
				2,36	31	3,12	28	2,45	28	2,43	42
				2,27	27	3,29	42	2,16	1	2,36	33
				2,09	20	2,79	25	2,12	2	2,33	18
				1,93	20	2,56	89	1,98	14	2,14	21
				1,87	15	2,45	28	1,97	15	2,11	19
				1,82	17	2,39	32	1,81	14	1,97	25
				1,66	40	2,22	11	1,69	2	1,91	10
				1,59	19	2,12	20	1,65	29	1,81	15
				1,52	20	1,89	25	1,54	32	1,65	55
				1,49	60	1,81	11	1,49	7	1,54	34
						1,65	79			1,49	42
						1,58	13				
						1,51	13				
						1,49	49				

TABLA V

DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. SEDIMENTOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS.

H-18		H-19		H-20		H-27		H-28		H-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>
15,22	75	14,717	48	9,92	12	15,49	100	15,22	61	15,22	100
12,44	9	10,15	15	7,13	97	9,92	20	9,92	17	10,00	20
9,92	21	8,11	17	6,32	29	7,07	72	7,62	21	8,26	23
7,07	50	7,07	54	4,43	100	6,18	31	7,07	30	7,13	65
6,23	28	6,32	38	4,12	6	5,53	10	6,60	13	6,36	31
5,53	70	5,03	48	3,86	38	5,00	21	6,10	21	6,02	42
5,00	30	4,76	19	3,55	66	4,66	8	4,95	36	5,00	67
4,43	100	4,43	95	3,33	35	4,43	33	4,43	100	4,43	79
4,22	33	4,22	63	3,18	29	4,23	35	4,22	4	4,22	30
3,81	51	3,32	42	2,92	23	4,03	29	3,75	18	4,12	22
3,55	61	3,02	29	2,67	24	3,86	32	3,55	19	3,98	24
3,32	69	2,83	29	2,56	45	3,75	26	3,50	21	3,84	25
3,19	69	2,78	19	2,42	58	3,55	43	3,34	32	3,51	23
2,97	50	2,56	100	2,33	42	3,32	21	3,20	45	3,33	65
2,56	55	2,42	81	2,24	15	2,56	100	3,12	18	3,18	26
2,44	46	2,36	23	2,17	11	2,40	47	2,66	10	3,10	29
2,37	43	2,14	33	1,97	8	2,23	26	2,56	62	2,93	20
2,22	28	2,00	17	1,81	92	2,16	16	2,44	30	2,81	17
2,12	26	1,69	26	1,71	15	1,98	13	2,25	13	2,75	10
1,97	29	1,64	21	1,66	19	1,84	10	2,22	19	2,56	81
1,80	29	1,58	25	1,58	12	1,81	10	2,17	14	2,45	54
1,69	79	1,53	13	1,54	10	1,69	27	2,12	23	2,36	26
1,54	79	1,49	63	1,53	12	1,65	31	1,97	15	2,27	70
1,49	91			1,49	37	1,62	27	1,81	9	2,23	20
						1,59	16	1,68	21	2,19	20
						1,49	32	1,65	27	2,11	22
								1,61	18	2,05	20
								1,56	10	1,97	20
								1,49	45	1,81	72
										1,65	60
										1,54	17
										1,48	50



TABLA VI

DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. SEDIMENTOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS.

H-30		H-31		H-32		H-33		H-34		H-35		H-36	
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>
15,49	100	14,717	51	14,717	97	15,22	87	15,22	47	14,47	20	14,24	11
9,92	44	9,81	19	9,92	45	9,81	15	9,81	11	9,92	11	10,04	25
7,13	42	7,18	43	7,07	68	7,96	35	7,89	14	8,11	11	7,07	71
5,86	29	4,92	39	4,92	82	7,18	60	7,07	44	7,55	14	5,21	26
4,97	29	4,43	9	4,43	99	6,80	35	6,32	38	7,07	18	4,92	29
4,43	63	4,30	2	4,22	78	5,90	45	5,21	20	6,65	6	4,43	100
4,22	17	3,58	34	3,84	74	5,36	30	4,97	25	5,36	11	4,22	74
4,15	21	3,53	49	3,49	52	5,09	35	4,43	100	5,00	14	4,05	42
3,86	20	3,33	45	3,34	59	9,92	40	4,22	55	4,43	46	3,86	35
3,76	25	3,22	62	3,18	48	4,69	35	3,86	20	4,22	22	3,70	35
3,50	47	3,05	34	3,03	40	4,43	100	3,73	30	4,03	100	3,50	47
3,34	50	2,97	22	2,90	23	4,22	25	3,47	21	3,78	8	3,32	54
3,20	39	2,51	100	2,79	14	3,55	30	3,32	5	3,70	5	3,09	33
2,97	29	2,45	43	2,56	100	3,49	32	3,25	16	3,49	19	2,92	28
2,82	19	2,23	29	2,47	32	3,32	75	3,12	25	3,33	24	2,84	29
2,73	12	2,14	15	2,45	43	3,02	30	3,07	19	3,19	19	2,55	85
2,56	7	2,06	18	2,27	25	2,55	90	3,02	18	3,10	10	2,44	49
2,33	20	2,00	10	2,12	14	2,45	30	2,94	18	2,97	4,4	2,37	35
2,14	18	1,89	11	2,09	10	2,36	25	2,84	74	2,82	5,7	2,33	24
1,99	22	1,75	17	1,99	17	2,33	15	2,56	20	2,72	3	2,25	11
1,80	12	1,68	40	1,92	10	2,21	16	2,49	36	2,66	3	2,16	24
1,68	10	1,58	34	1,87	12	2,17	20	2,42	19	2,56	36	2,12	16
1,65	20	1,55	28	1,81	17	2,12	13	2,27	25	2,44	13	1,98	12
1,60	14	1,49	38	1,66	24	2,08	15	2,24	25	2,42	14	1,94	6
1,54	12			1,54	16	1,98	20	2,13	13	2,36	9	1,90	12
1,49	49			1,51	20	1,92	10	1,97	13	2,27	6	1,81	11
				1,49	57	1,87	9	1,94	11	2,19	5	1,66	32
						1,81	10	1,87	8,8	2,05	6	1,62	14
						1,72	12	1,83	6,3	2,01	8	1,54	12
						1,65	30	1,79	6,3	1,89	5	1,49	90
						1,53	20	1,64	21	1,80	4		
						1,49	30	1,61	15	1,66	2		
								1,51	38	1,53	31		

G. GARCÍA RAMOS, F. GONZÁLEZ GARCÍA, J. L. PÉREZ RODRÍGUEZ Y J. OLMEDO PUJOL

TABLA VII

DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. SEDIMENTOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS.

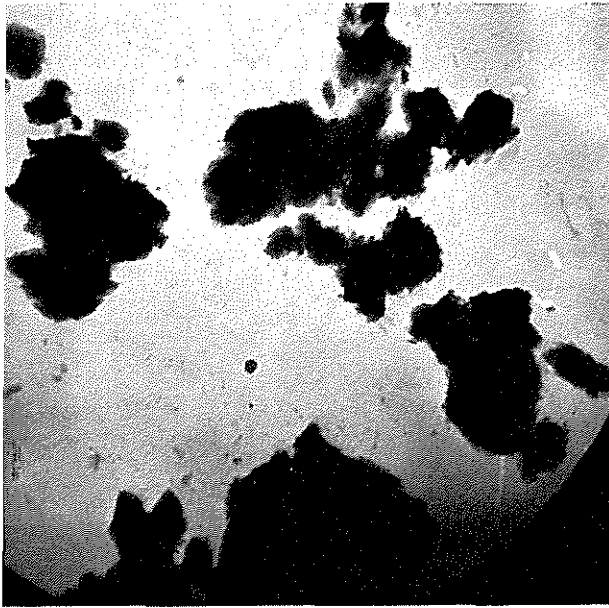
H-37		H-38		H-39		H-40		H-41		H-47		H-48	
dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>	dÅ	I/I <sub>0</sub>
15,49	21	15,00	84,5	14,717	100	14,717	100	14,717	100	14,717	100	14,717	75
9,81	9	9,92	14,4	9,92	29	9,92	24	9,92	5,4	9,92	27	9,92	16,6
7,07	24	7,07	54,4	7,82	39	8,02	25	7,07	91	7,07	62	7,24	71,2
6,18	14	5,21	26,9	7,07	24	7,07	58	6,32	39	4,92	34	4,43	88,9
5,80	16	4,43	100	6,10	26	6,32	30	4,92	55	4,43	85	4,22	100
4,92	28	4,22	42,2	5,56	12	4,43	92	4,43	78	4,22	24	3,86	50,6
4,43	100	3,33	19,2	5,06	54	4,22	50	4,14	55	3,83	23	3,70	50,6
4,05	32	3,18	30,4	4,43	90	4,09	55	3,86	36	3,70	28	3,47	54,5
3,94	26	3,03	30,4	4,22	90	3,55	40	3,68	34	3,51	23	3,33	31,1
3,68	33	2,97	25	3,33	33	3,49	53	3,54	20	3,34	32	3,02	28,4
3,32	60	2,56	58,9	3,18	43	3,33	50	3,46	29	3,18	32	2,83	58,4
2,97	31	2,22	10,2	2,96	27	3,24	40	3,33	42	3,02	19	2,64	17
2,56	78	1,68	35,2	2,56	95	3,18	40	3,18	25	2,97	19	2,56	66,8
2,43	32	1,49	44,8	2,44	43	2,96	25	3,04	18	2,85	22	2,44	75,1
2,11	10			2,39	42	2,88	28	2,79	15	2,76	12	2,07	18
1,99	8			2,12	21	2,68	15	2,56	80	2,55	12	1,95	13,3
1,65	29			1,95	12	2,56	87	2,42	30	2,42	37	1,67	35,6
1,59	8			1,87	27	2,38	45	2,12	15	2,36	32	1,63	27,8
1,57	8			1,71	14	2,22	20	1,64	34	2,27	16	1,49	30,0
1,49	52			1,67	48	2,12	20	1,49	71	2,12	20		
				1,60	10	1,96	22			2,09	11		
				1,49	57	1,81	20			1,99	13		
						1,69	32			1,96	61		
						1,65	38			1,92	11		
						1,56	40			1,87	14		
						1,49	95			1,80	10		
										1,64	24		
										1,49	51		

TABLA VIII

DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. SEDIMENTOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS. (MUESTRAS SATURADAS CON ETILENGLICOL.)

H-28		H-29		H-30		H-31		H-34	
$d\text{Å}$	$I/I_0$	$d\text{Å}$	$I/I_0$	$d\text{Å}$	$I/I_0$	$d\text{Å}$	$I/I_0$	$d\text{Å}$	$I/I_0$
16,82	F	13,35	M	16,06	M	16,06	M	16,06	M
9,82	M	9,82	M	9,82	D-M	9,82	D	10,10	D
7,22	D	7,07	D	7,07	D	7,07	mD	7,07	mD
4,43	F	4,43	mF	4,43	mF	4,43	mF	4,49	mF
4,22	D	4,22	D	4,22	D	4,22	D	4,22	mD
3,95	mD	3,49	D	3,36	F	3,36	F	3,33	F
3,82	mD	3,36	F	2,56	F	2,56	F	2,56	F
3,33	F	2,56	F	2,49	D	2,45	D	2,45	D
3,02	D	2,46	D	2,39	D	2,39	mD	2,39	D
2,56	F	2,39	D	2,25	mD	1,69	mD	1,69	D
2,46	D	1,69	D	2,15	mD	1,64	mD	1,64	D
2,39	D	1,64	D	1,69	D	1,50	M	1,50	M
1,69	D	1,49	M	1,64	D				
1,65	D			1,49	M				
1,49	M								

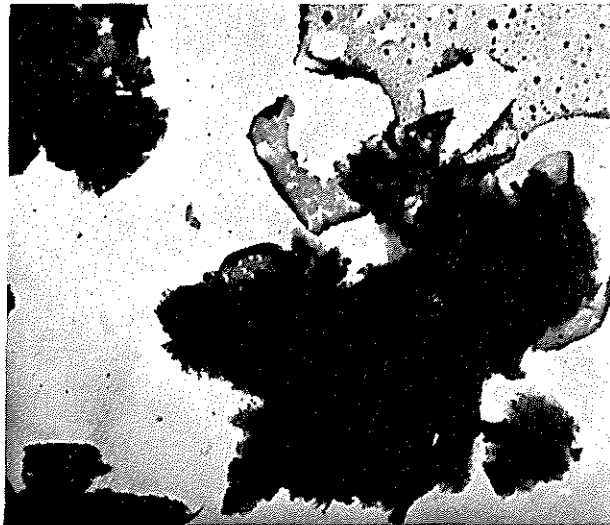
mF=muy fuerte; F=fuerte; M=media; D=débil; mD=muy débil; D—M=débil a media.



A.—7.500 aumentos.

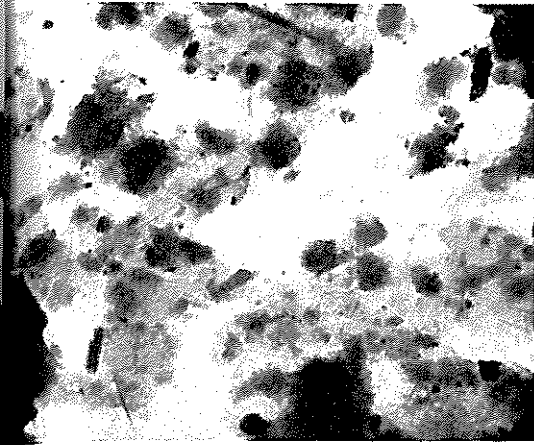


B.—7.500 aumentos.

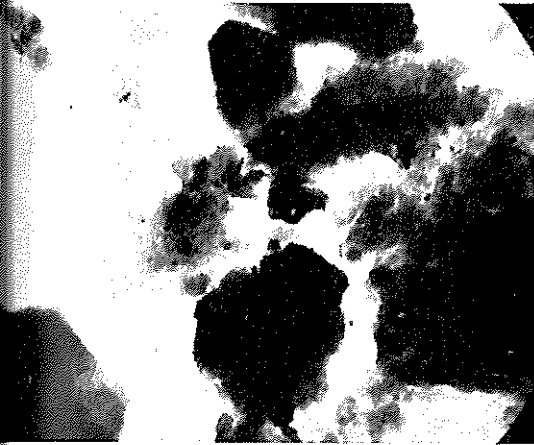


C.—15.000 aumentos.

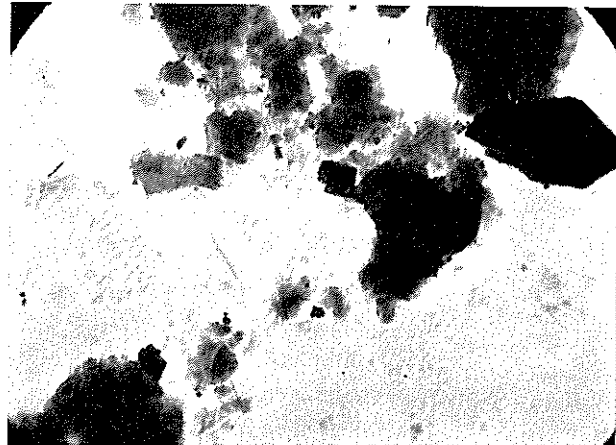
FIG. 8.—Microfotografías electrónicas de la muestra H-11. Caolinita, montmorillonita, con aspecto de alteración y geles; algo de haloisita, posibles carbonatos y cuarzo muy escaso.



H-12.—Ilita, montmorillonita y fibras sepiolíticas.



H-14 A.—Mica, ilita, caolinita alterada.



H-14 B.—Mica, ilita, fibras de sepiolita.

H-20.—Hierro goetítico o haloisita breve (probablemente esto último).

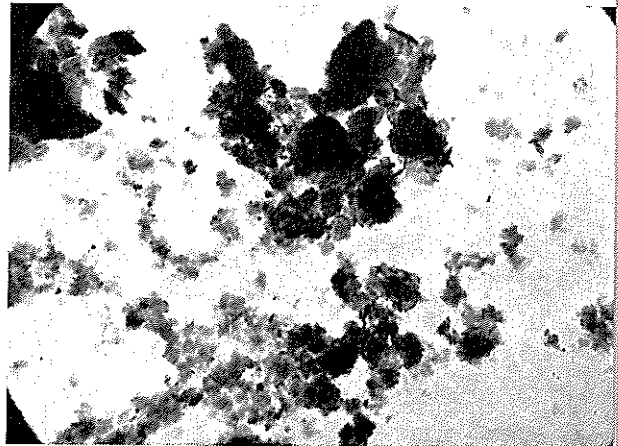


FIG 9.—Microfotografías electrónicas de las muestras H-12, H-14 y H-20.—8.000 aumentos (visión directa).

## DETERMINACIONES FISICOQUÍMICAS.

Los resultados del análisis químico de estas muestras se corresponden, en su mayor parte, con los de las arcillas montmorilloníticas con alta proporción de illita. Se comprueba por los valores altos de las razones molares  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  y  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ . Sólo en cuatro muestras (11, 20, 37 y 47) dichas razones no alcanzan los valores 2,30 y 2,75 respectivamente.

Valores altos del agua perdida a 100° y relativamente alto del magnesio (que sólo en 7 muestras es inferior a 1,55 %) son claro indicio de una media hasta alta proporción de minerales montmorilloníticos e ílíticos.

El porcentaje de potasio está comprendido entre 4,08 y 3,27 en 12 muestras y sólo dos son inferiores a 1,15 % (11 y 20), que nos confirma la participación de minerales ílíticos o de micas potásicas en la mayor parte de estos minerales.

Las pérdidas por calcinación de estas arcillas (en las que se eliminaron previamente los carbonatos), alcanzan valores altos. Cinco muestras (11, 13, 20, 32 y 47) sobrepasan el valor 10,58 y solamente una (38) no llega al 6,60 %, lo que está de acuerdo con lo indicado anteriormente.

La capacidad de cambio, exceptuando la muestra H-20, que es de 18,56 meq./100 gr., es del orden que cabe esperar de las arcillas ílíticas o montmorilloníticas con alta proporción de illita.

La muestra H-20 difiere claramente del grupo general por sus razones molares  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  bajas, pequeño valor del agua perdida a 100° y valor también pequeño del magnesio y potasio.

Finalmente, la capacidad de cambio es la más baja de toda la serie, todo lo cual nos hace pensar que esta muestra contiene una elevada proporción de caolinita o minerales de su grupo.

La muestra 11, si bien no tan marcadamente como la 20, difiere también del grupo general.

Con excepción de la muestra H-20, el examen de las curvas de deshidratación indica que estos materiales están constituidos por minerales montmorilloníticos e ílíticos con gran predominio de los primeros sobre los segundos. Arcillas fuertemente montmorilloníticas, a juzgar por el aspecto de las curvas del análisis térmico ponderal, son las designadas con los números 14, 27, 29, 31, 34 y 39.

La pequeña pérdida de peso en la zona de alta temperatura (800-900° C), puede atribuirse a la presencia de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  no eliminado totalmente en el tratamiento previo (muestras 27, 29, 31, 32, 34 y 39).

La muestra H-20, por su aspecto claramente caolinítico, difiere notablemente del resto.

Los registros de A. T. D. confirman la constitución montmorillonítica de la mayor parte de estas muestras, como se deduce del gran efecto endotérmico a 150° C, seguido de otro menos intenso y de gran amplitud en la región de 550°-600° C y de un tercero, endotérmico también, entre 875° y 920° C. Pertenecen a este grupo claramente las muestras H-12, 27, 28, 29, 31, 34, 36 y 37.

El diagrama de A. T. D. de la arcilla H-20 (extraída en las proximidades de la turbera de Mazagón) presenta un aspecto netamente caolinítico, con cierta proporción de hidróxidos y de materia orgánica.

El resto de las muestras presenta el aspecto de las arcillas en las que los componentes montmorilloníticos e ílticos participan en una proporción equivalente (menos diferencia en las intensidades de los efectos endotérmicos de 150° C y 550°-580° C y desplazamiento de este segundo efecto hacia temperaturas más bajas).

La muestra H-11 difiere francamente del resto por su aspecto claramente caolinítico, confirmado por los resultados del análisis químico.

Las muestras H-33, 38, 41, 47 y 48 presentan efectos endotérmicos de mediana intensidad en la región 770°-795° C, que atribuimos a restos de carbonato cálcico presentes.

En casi todas las arcillas se presenta en mayor o menor grado el efecto endotérmico en la región de 250°-300° C, propio de los óxidos de hierro hidratados (muestras 16, 20, 27, 28, 30, 31, 32, 35, 36, 37 y 39) que en el resto se manifiesta por una ligera inflexión. Finalmente, efectos endotérmicos pronunciados en la región de 350° C pueden achacarse a restos de materia orgánica no destruida en el tratamiento previo (muestras 11, 12, 13, 19, 20, 38 y 41).

Los diagramas de difracción de rayos X, exceptuando las muestras 11 y 20, presentan un espaciado de intensidad relativa muy apreciable sobre 14 Å que podemos atribuir a montmorillonita, clorita, o vermiculita, si bien el bajo porcentaje de MgO obtenido por el análisis químico nos hace desechar los dos últimos minerales.

Los diagramas de las muestras 28, 29, 30, 31 y 34, solvatadas con etilenglicol, que se incluyen en la Tabla VIII, confirman la presencia de montmorillonita como mineral fundamental de estas arcillas por el desplazamiento neto que se observa en el espaciado de 14 Å.

A la montmorillonita le sigue en importancia la caolinita en todas estas arcillas, como se comprueba por la intensidad de los espaciados a 7 Å, 4,43 Å, 3,57 Å, 2,49 Å, 2,33 Å, 1,54 Å, etc., que en las muestras H-16, H-18 y H-35 son de pequeña intensidad, por lo que la proporción de este mineral ha de ser menor.

En proporción ligeramente inferior a la caolinita se encuentran en estas

muestras los minerales micáceos (micas e ilita), a juzgar por la intensidad de las líneas de difracción sobre 10 Å, seguida de las de 4,98 Å, 4,49 Å, 3,87 Å, 3,72 Å, 2,98 Å, 2,56 Å, etc. Estos efectos se presentan con mayor intensidad en las muestras 17, 30, 32, 36, 39, 40, 47 y 48, por lo que la proporción de micas e ilita ha de ser mayor que en el resto.

Las muestras H-11 y H-20, a juzgar por los datos de rayos X, presentan como componente fundamental la caolinita, si bien en la segunda se observa un débil espaciado sobre 10 Å, que indica una pequeña contribución de ilita.

Como mineral secundario se encuentra cuarzo en todas las muestras, lo que se aprecia por sus espaciados a 4,22 Å, 3,34 Å, 1,81 Å, etc., y en la mayor parte de los diagramas, la presencia de un fondo claramente apreciable puede indicar existencia de geles libres.

No queda muy clara la presencia de carbonatos por los datos de difracción de rayos X, aunque los débiles espaciados a 3,03 Å, 2,49 Å, 2,28 Å, 2,09 Å, 1,91 Å, 1,87 Å, etc., pueden atribuirse a calcita y son más intensos en las muestras 13, 33, 34, 38, 47 y 48.

Finalmente, los espaciados a 4,04 Å, 3,75 Å, 3,21 Å, etc., que aparecen en las muestras 29, 35, 36, 37 y 40 pueden ser debidos a una proporción pequeña de feldespatos.

#### *Microscopio electrónico.*

El examen al microscopio electrónico, realizado en las muestras 11, 12, 14 y 20, revela el contenido en montmorillonita (H-11 y H-12), ilita (H-12 y H-14), caolinita y haloisita (H-11, H-14 y H-20), geles de hierro goetítico (H-11 y H-20) y fibras sepiolíticas.

Del estudio fisicoquímico de la fracción arcilla, extraída de estos materiales sedimentarios, después de eliminados los carbonatos y materia orgánica, se deduce que el mineral fundamental de estas muestras, con excepción de las H-11 y H-20, es la montmorillonita, seguida de caolinita y minerales micáceos (ilita y muscovita).

La muestra H-20 difiere netamente del grupo y está constituida por caolinita con una débil proporción de ilita. La H-11 es semejante a la anterior si bien su porcentaje es menor.

Como mineral secundario se encuentra el cuarzo en todas las muestras.

Como accesorios se observa la presencia de geles libres, carbonatos (no destruidos en el tratamiento previo) y una ligera proporción de feldespatos.



## ENSAYOS TÉCNICOS.

Las Tablas IX y X incluyen los datos de los ensayos técnicos realizados en las arcillas brutas y las figs. 10, 11 y 12 muestran los diagramas de secado a la temperatura de 50° C.

### *Análisis mecánico.*

Las muestras brutas procedentes de estos sedimentos son de textura arcillo-arenosa y arcillo-limosa en el 60 % del total, y areno-arcillosa en el 40 % restante. La humedad varía entre 2,30 % (H-34) y 6,60 % (H-35). Tienen un alto contenido en carbonatos, con 13 muestras entre 20 % y 30 %, seis entre 10 % y 20 % y el resto inferior al 10 %, de acuerdo con su constitución (margas en su mayor parte).

### *Plasticidad.*

El agua de moldeo de estas arcillas es media o alta, igual que su plasticidad, de acuerdo con su naturaleza y textura fuertemente arcillosa o limosa. El índice de Riecke varía entre 10,9 y 22,6 en 17 muestras y sólo en dos de ellas (31 y 48) no llega a 3.

### *Desecación.*

La contracción por secado a 50° C de estas muestras está comprendida entre el 15 y 24 % y en sólo dos muestras (muy arenosas), H-31 y H-34, es de 5,48 y 5,72 %, respectivamente.

La porosidad es alta y del mismo orden en la mayoría de estas muestras: Del 25 al 30 % en quince de ellas, mayor del 30 % en tres y del 20 al 25 % en las seis restantes.

### *Contracción por calcinación.*

La pérdida de peso por efecto de la cocción a 900° C es elevada, de acuerdo con el alto contenido en carbonatos de estos sedimentos, oscilando entre 12,1 % (H-41) y 17,9 % (H-35) en la mayor parte. Sólo las muestras H-11, H-47 y H-48 presentan valores bajos: 9,9 %, 6,3 % y 6,2 % respectivamente.

TABLA IX

ENSAYOS TECNOLÓGICOS DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. SEDIMENTOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS.

ENSAYOS	H-11	H-12	H-13	H-14	H-16	H-17	H-19	H-27	H-28	H-29	H-30	H-31
<i>Análisis mecánico.</i>												
% de humedad ... ..	3,90	4,40	5,20	4,70	4,90	4,50	5,50	5,50	3,10	4,80	5,50	2,90
% de arena gruesa ... ..	3,20	1,70	2,70	8,50	3,10	2,50	2,70	0,30	0,36	0,10	0,40	0,50
% de arena fina ... ..	37,30	21,10	15,70	21,90	22,60	21,10	21,70	20,30	43,60	25,50	15,10	65,80
% de limo ... ..	25,40	30,30	31,90	23,40	23,10	26,30	21,80	24,60	16,40	20,80	24,80	8,30
% de arcilla ... ..	32,20	46,80	49,20	45,10	50,70	49,80	54,10	54,30	38,90	53,90	59,10	25,20
% de carbonatos ... ..	16,46	27,47	26,30	19,40	28,20	25,80	24,00	2,60	24,00	24,60	26,00	21,00
<i>Agua de desleimiento.</i>												
cc. de agua/100 gr. de muestra ... ..	28	52	36	50	30	29	34	38	30	35	26,50	23,51
% de agua en muestra seca a 100° C ... ..	21,8	34,2	26,4	33,3	23,1	22,4	25,3	27,5	23,1	25,9	20,9	19
<i>Plasticidad.</i>												
Límite de adherencia ... ..	33,68	41,87	43,68	35,88	33,66	32,80	37,33	35,50	29,90	34,38	32,84	26,13
Límite de arrollamiento ... ..	19,88	22	21,38	19,44	21,95	20,45	21,25	18,70	18,84	18,59	20,61	23,19
Índice de Riecke ... ..	13,80	19,87	22,30	16,44	11,71	12,35	16,08	16,73	11,06	15,79	12,23	2,94
<i>Resistencia a la compresión:</i>												
Kg/cm <sup>2</sup> (probeta calcinada a 900° C) ... ..	257,4	348,5	307	382,3	365,5	1.087,0	571	370,3	161,2	360	274	Se deshizo al calcinar.
<i>Peso específico aparente:</i>												
gr/cm <sup>3</sup> (cocida a 900° C)...	1,84	1,84	1,82	1,91	1,93	1,93	1,88	1,87	1,76	1,86	1,89	1,70
<i>Porosidad %.</i> Probeta seca a 50° C ... ..												
	29,96	26,44	27,81	23,47	25,48	25,59	26,81	21,97	25,72	24,89	24,45	33,99
<i>% de pérdida de peso por calcinación (900° C) referida a la probeta seca a 110° C ... ..</i>												
	9,9	15,4	14,8	12,9	14	12	13,9	16,9	16,2	17,3	15,1	13,5

TABLA X

ENSAYOS TECNOLÓGICOS DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. SEDIMENTOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS (conclusión).

ENSAYOS	H-32	H-33	H-34	H-35	H-36	H-37	H-38	H-39	H-40	H-41	H-47	H-48
<i>Análisis mecánico.</i>												
% de humedad ... ..	5,80	4,70	2,30	6,60	4,50	3,80	3,90	4,20	3,30	4,20	3,50	2,80
% de arena gruesa ... ..	3,80	0,26	0,16	3,90	7,80	4,40	3,00	3,40	5,80	4,40	4,10	4,90
% de arena fina ... ..	12,40	25,80	65,40	21,00	37,80	41,60	46,80	51,90	32,90	31,80	47,10	51,80
% de limo ... ..	21,60	22,70	14,50	16,10	19,50	17,10	20,30	19,50	17,10	26,20	29,80	19,10
% de arcilla ... ..	61,20	50,10	19,60	58,80	34,40	35,60	29,80	24,60	43,60	36,90	18,20	23,90
% de carbonatos ... ..	26	28	15,60	29,30	16,49	9,00	9,60	19,20	22,20	19,00	7,00	5,00
<i>Agua de desteimiento.</i>												
c. c. de agua/100 gr. de muestra ... ..	30	34	27	32	29	27	30	26	27	32	30	27
% de agua en muestra seca a 100° C ... ..	23,1	25,3	21,2	24,2	22,4	21,2	23,1	21,4	21,2	24,2	23,1	21,2
<i>Plasticidad.</i>												
Límite de adherencia ... ..	35,67	29,92	28,75	39,87	24,87	28,26	28,70	26,57	27,11	35,40	32,01	26,33
Límite de arrollamiento ... ..	22,54	21,13	25,56	17,24	16,26	20,74	17,74	20,77	16,15	19,19	20,21	24,17
Índice de Riecke ... ..	13,13	8,79	5,19	22,63	8,61	7,52	10,91	5,80	10,96	16,21	11,80	2,16
<i>Resistencia a la compresión:</i>												
Kg/cm <sup>2</sup> (probeta calcinada a 900° C) ... ..	335,8	436,6	88,5	519	310	191,2	335	181,2	395,3	341	76,7	58,1
<i>Peso específico aparente:</i>												
gr/cm <sup>3</sup> (probeta calcinada a 900° C) ... ..	1,91	1,84	1,70	2,00	1,80	1,70	1,76	1,63	1,68	1,78	1,95	1,95
<i>Porosidad %.</i> Probeta seca a 50° C ... ..												
	22,84	24,64	33,06	22,51	26,60	35,15	27,23	30,38	25,82	30,14	28,00	27,33
<i>% pérdida de peso por calcinación (900° C) referida a la probeta seca a 110° C.</i>												
	12,6	13,5	11,3	17,9	15,4	16	17,4	16,4	21,8	12,1	6,3	6,2

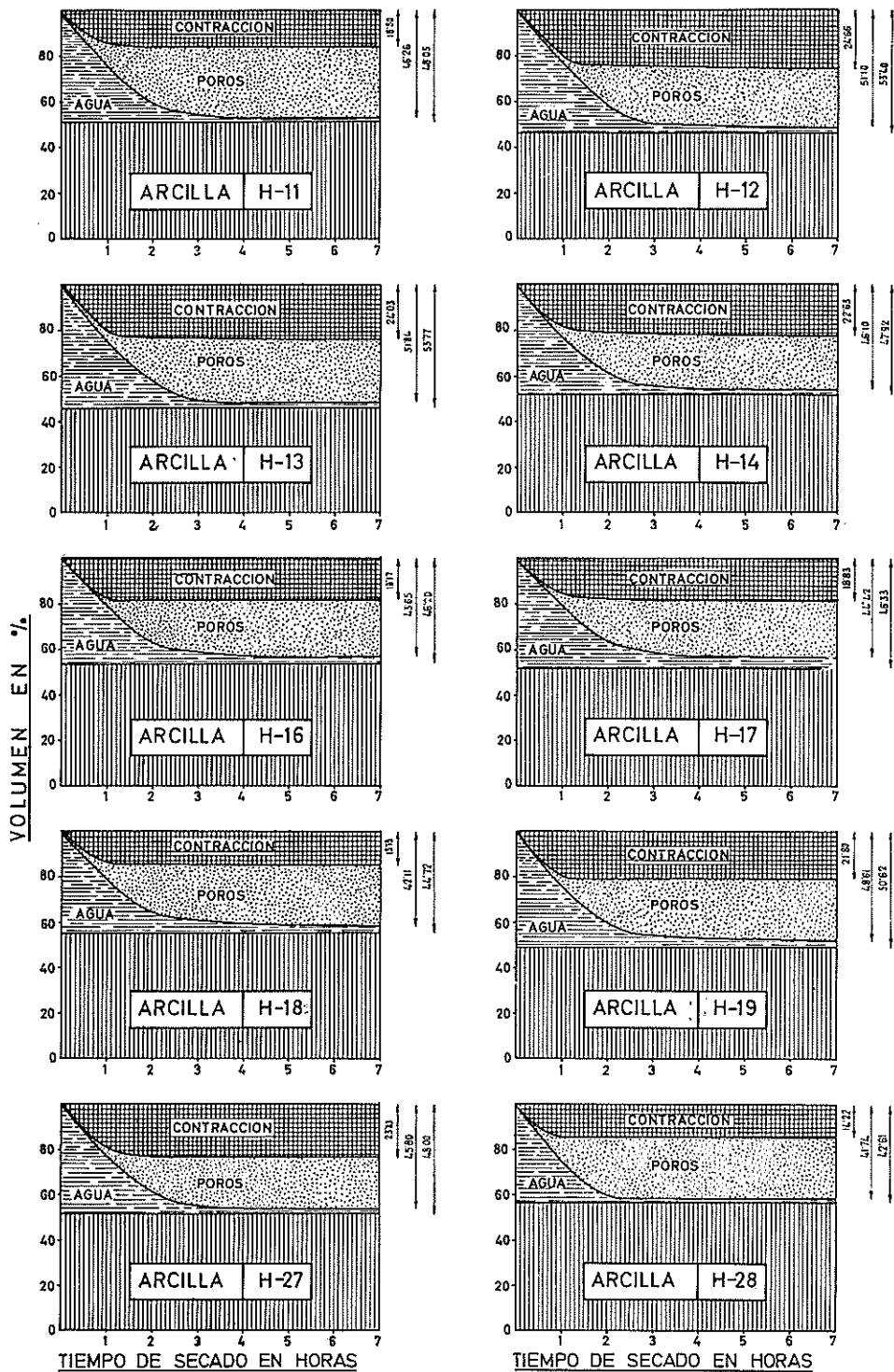


Fig. 10.—Diagramas de secado a 50° de las muestras H-11 a la H-28.

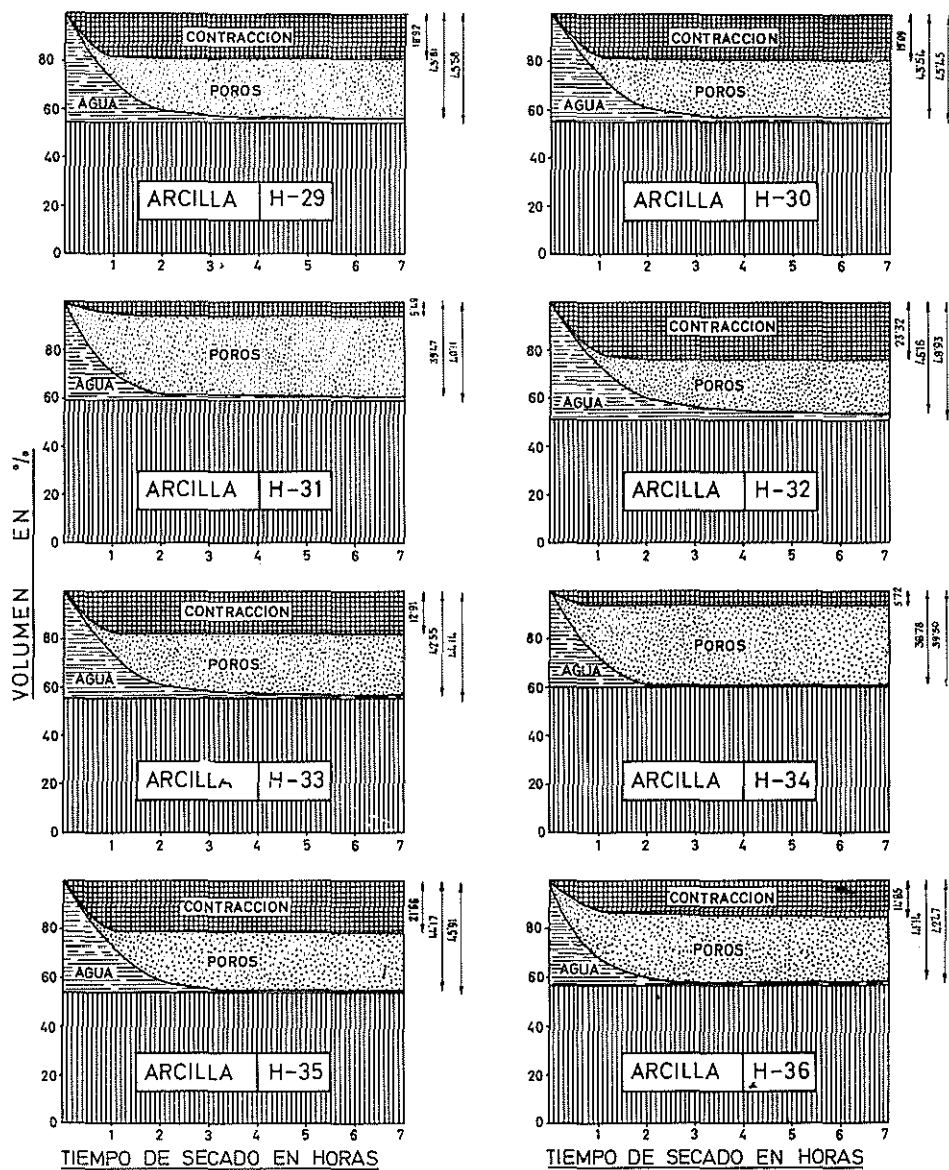


FIG. 11.—Diagramas de secado a 50° de las muestras H-29 a la H-36.

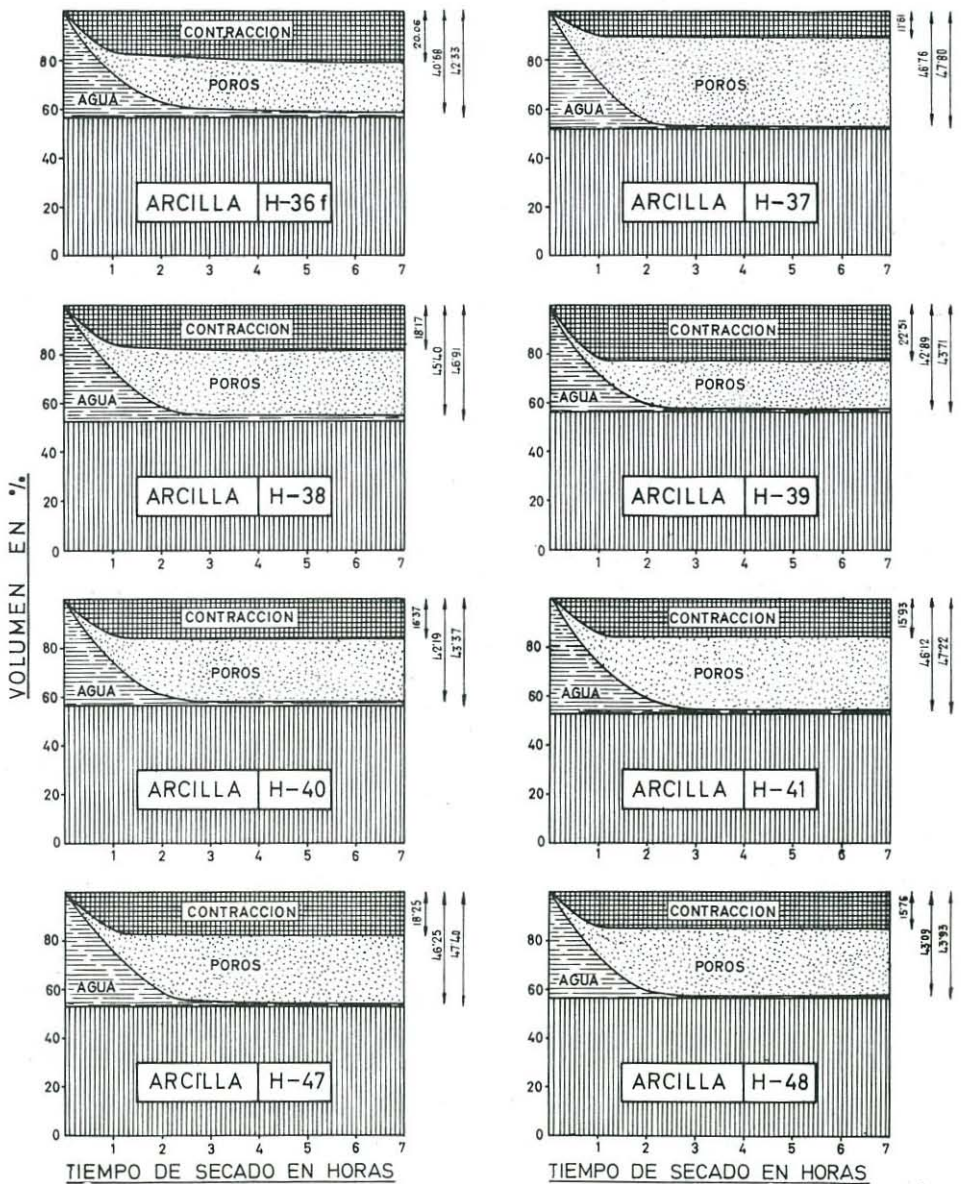


FIG. 12.—Diagramas de secado a 50° de las muestras H-36 a la H-48.

La variación de volumen por calcinación a 900° C alcanza como máximo un 6 % y solamente en dos muestras se ha observado sinterización a esta temperatura (H-16 y H-17).

El peso específico aparente del producto cocido está comprendido entre 1,63 y 2,00 gr./cm<sup>3</sup>, siendo los valores más frecuentes alrededor de 1,8-1,9 gr./cm<sup>3</sup>.

Por efecto de la cocción, estos materiales adquieren una tonalidad rojo ladrillo claro, más oscuro en las H-36, H-40 y H-48.

El aspecto superficial del material cocido es uniforme, sin grietas ni nódulos, a excepción de las H-18 y H-31 (ésta última muy arenosa y con partículas de cal incrustadas se disgregó al enfriarse después de calcinada).

Algunas muestras presentan un leve moteado de nódulos de cal (sin que llegue a producir roturas), tales como las H-14, H-32, H-35, H-36, H-41, y con mayor proporción la H-39.

#### *Resistencia mecánica.*

La resistencia a la compresión medida en las probetas calcinadas a 900° C alcanza valores altos. Supera los 300 Kg/cm<sup>2</sup> en 14 muestras, varía entre 150 y 300 Kg/cm<sup>2</sup> en cuatro y solamente tres no superan los 100 Kg/cm<sup>2</sup>.

#### **IV. Conclusiones.**

Puede concluirse de las anteriores consideraciones que las arcillas sedimentarias del Terciario y Cuaternario, situadas en el sur de la provincia de Huelva, utilizadas por la industria cerámica local y designadas a lo largo de este trabajo con los números: 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 47 y 48 son, fundamentalmente, de naturaleza montmorillonítica, con una elevada participación de minerales caoliníticos y micáceos (ilita y micas potásicas); conteniendo cuarzo, geles y feldespatos como minerales secundarios y accesorios.

Las muestras 11 y 20, de naturaleza caolinítica, difieren notablemente de las anteriores.

Todas contienen cantidades variables (medias hasta altas) de calcita en grano fino, que en algún caso es de mayor tamaño y puede ser perjudicial para el material cocido si no se trata convenientemente por los medios adecuados.

Tratándose de yacimientos de gran potencia, de fácil explotación, por tratarse de la parte más llana de la provincia, situados en zonas de buenas

comunicaciones, de composición química y textura constante y próximos a la zona comprendida en el Polo de Desarrollo de Huelva, los consideramos de interés industrial.

No queremos dejar de señalar aquí el interés que ofrecen algunos de estos materiales en la industria de artesanía artística, tales como los empleados en los talleres cerámicos de Trigueros.

*Deseamos hacer constar nuestro agradecimiento al doctor Alonso Pascual por su participación en el estudio de las muestras al microscopio electrónico.*

*Nuestro agradecimiento también al personal técnico y laborante del Laboratorio Regional de Materiales de Obras Públicas, en Sevilla, que realizaron las pruebas de resistencia.*

#### 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". *Bol. 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. Soc. Esp. Cerám.*, 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. Soc. Esp. 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. Soc. Esp. 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. Soc. Esp. Cerám.*, vol. 5, núm. 6, noviembre-diciembre, 791-821 (1966).
6. MACKENZIE: "The differential thermal investigation of clays" (1957).
7. BROWN, G.: "The X-Ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals". Min. Soc. London (1961).
8. RICH, C. I. y KUMZE, G. W.: "Soil Clay Mineralogy". Symposium. Edit. por The University of North Carolina Press (1964).
9. SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CERÁMICA: "Memorias de la 1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup> Semanas de Estudios Cerámicos". Madrid (1963-1965).