

# Arcillas cerámicas de Andalucía

## V. - Yacimientos de terrenos ígneos y sedimentos primarios de la provincia de Huelva.-Comarcas de Sierra Morena y Andévalo.\*

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

### RESUMEN

*Se estudian veintidós muestras de arcilla de interés cerámico procedentes de diversos yacimientos situados en las regiones norte y centro de la provincia de Huelva, en las comarcas de Sierra Morena y El Andévalo, respectivamente.*

*Los materiales proceden de afloramientos de naturaleza ígnea y sedimentos de pizarras del Silúrico y Carbonífero, de textura fuertemente arenosa en general, y se emplean en la fabricación de ladrillos y tejas. Los materiales más arcillosos se utilizan en alfarerías y talleres de cerámica artística, destacando los de Aracena y Cortegana.*

*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° (diagramas de Bourry), contracción por calcinación, peso específico y resistencia a la compresión en probetas calcinadas.*

*Se deduce que los materiales procedentes de yacimientos sobre afloramientos ígneos (granito, pórfidos, etc.) son de naturaleza fundamentalmente caolinítica, con una alta proporción de minerales micáceos, cuarzo libre como mineral accesorio y un contenido variable en óxidos de hierro y aluminio hidratados. Minerales con espaciados de 14 Å apenas son apreciables.*

*Las muestras procedentes de pizarras alteradas de El Andévalo destacan por su mayor contenido en ilita, seguida de caolinita y geles de hierro y aluminio. Se intensifica la presencia de minerales montmoriloníticos.*

*Las pruebas tecnológicas indican que se trata de materiales naturales de buenas propiedades cerámicas, con alto contenido en hierro, aptos para los usos que hemos citado.*

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

*La poca potencia de los yacimientos que se citan excluye el empleo de estos materiales por las industrias cerámicas de cierta importancia.*

## SUMMARY

*Twenty two samples of clays, interesting from the ceramic viewpoint, from several beds located on the northern and central regions of the province of Huelva, in the country of Sierra Morena and El Andévalo, respectively, have been studied.*

*The materials belong to outcrops of igneous nature and slate sediments from the Silurian and Carboniferous, and are of highly sandy texture in general. They are used to make bricks and tiles. The materials of higher clay content are used in pottery and artistic ceramic industries, specially those from Aracena and Cortegana.*

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

*It is concluded that the main components of the materials belonging to the igneous outcrops (granites, porphydes, etc.), are fundamentally of kaolinitic nature, with a high proportion of micaceous minerals, free quartz as an accessory mineral and a variable amount of hydrated iron and aluminum oxides. Minerals of 14 Å spacings are scarce.*

*Samples from altered slate of Andévalo show distinctly a higher illite content followed by kaolinite and iron and aluminum gels. The presence of montmorillonitic minerals is more obvious.*

*The technological tests suggest that these raw materials have good ceramic properties, with a high iron content, appropriate for the uses mentioned above.*

*The small extension of these beds prevent the use of these materials by the large ceramic industries.*

## I. Introducción.

Siguiendo la línea trazada en trabajos ya publicados (1), (2), (3), (4), se inicia el estudio de las arcillas cerámicas procedentes de una serie de yacimientos en explotación industrial situados en la provincia de Huelva. Comprende 22 muestras de sedimentos primarios o afloramientos de naturaleza ígnea, procedentes de Sierra Morena y El Andévalo, localizados en Minas de San Telmo, Santa Bárbara de Casa, Aroche, Cortegana, Almonaster, Aracena, Valverde del Camino, Hinojales, Arroyomolinos de León, Cala, San Bartolomé de la Torre, Villanueva de los Castillejos y Puebla de Guzmán.

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.

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 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 mé-

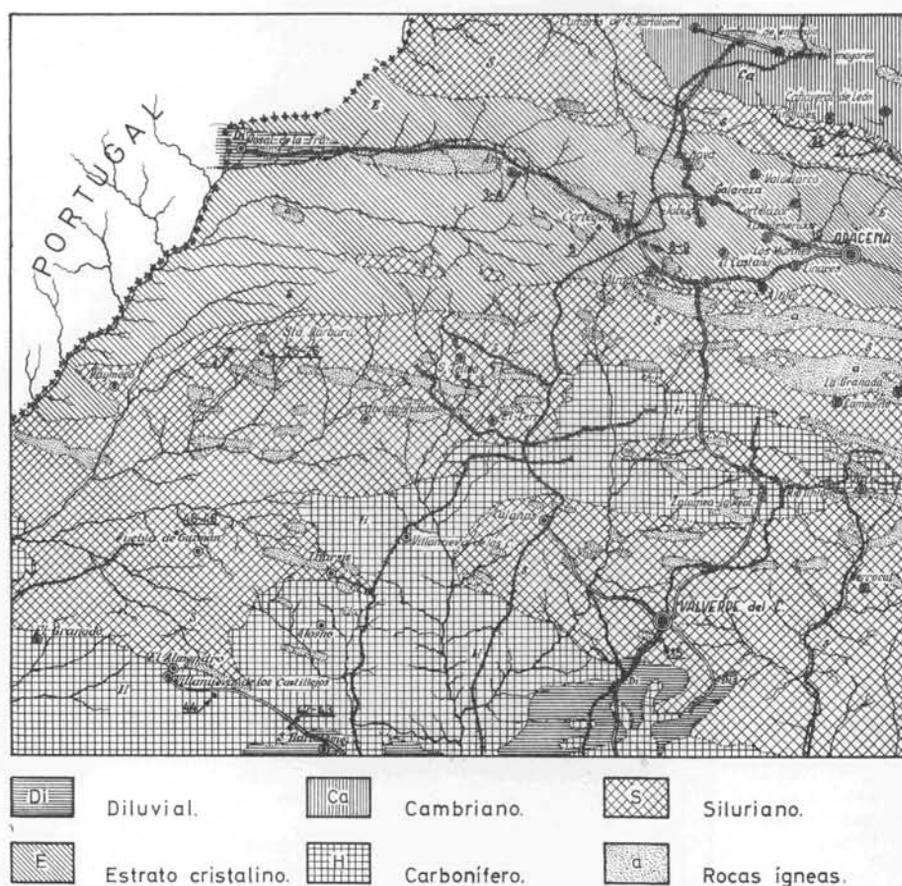


FIG. 1.—Croquis del mapa geológico de la zona en que se encuentran los materiales que se estudian.

TABLA I

YACIMIENTOS DE ARCILLAS CERAMICAS DE HUELVA  
TERRENOS IGNEOS Y PRIMARIOS. SIERRA MORENA Y ANDEVALO

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<i>Minas de S. Telmo.</i> —Pago "Las Viñas", próximo al kilómetro 2 de la carretera a El Cerro de Andévalo en su parte oeste.	Pozos de unos dos metros de profundidad y 1,20 x 0,70 de superficie. Excavados en gran número en la parte más baja de una meseta. En los pozos abiertos se aprecia la alternancia de estratos gris-blancuzcos, más blandos, con otros amarillo rojizos más duros y compactos, cada uno con espesor de 2 a 8 cm. Pizarras silúricas. La roca fresca es verde clara. La alterada presenta tinte marrón oscuro.	H-1. — Terrones grandes compactos, blanco-grisáceo, algo alargados. Textura arcillosa. Fractura astillosa con leves manchas de óxido férrico. Sin carbonatos.	Enjalbegado de paredes interiores en los pueblos cercanos al yacimiento.
<i>Santa Bárbara de Casa.</i> —Pago "El Alcornocal", al sur del kilómetro 2 de la carretera a Paymogo.	Pozos de 2 a 4 metros de profundidad semejantes a los de la muestra H-1 que una vez explotados se entieñan. Pizarra silúrica en contacto con terrenos calizos ("raña").	H-2. — Terrones amarillo-claros de tamaño de gravilla ("tierra amarilla"), con raíces. Textura arenosa. Con carbonatos. En menor proporción se da una variedad más blanca ("tierra blanca").	Enjalbegado de paredes interiores en el pueblo.
<i>Aroche.</i> — Pago "Llano de la Torre". En la entrada al pueblo, a unos 200 metros del cruce de carreteras de Aracena a Rosal.	Roca alterada procedente de pórfidos arrastrados y subyacentes. En el mismo emplazamiento debió existir un tejat árabe y romano a juzgar por las piezas encontradas. Estrato cristalino con intrusiones de pórfidos.	H-3.—Tierra par-do-amarillenta en la que se aprecian los materiales de la roca originaria. Textura areno-arcillosa. Sin carbonatos. Tomada en el horizonte superior del corte.	Tejar y ladrillos a mano.

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<p><i>Aroche.</i> — Pago "Llano de la Torre". En la entrada al pueblo, a unos 200 metros del cruce de carreteras de Aracena a Rosal.</p>	<p>Roca alterada procedente de pórfidos arrastrados y subyacentes. En el mismo emplazamiento debió existir un tejat árabe y romano a juzgar por las piezas encontradas. Estrato cristalino con intrusiones de pórfidos.</p>	<p>H-4. — Estructura aterronada de tamaño variable, menor y más suelta que las H-3. Se aprecian claramente los granos de feldespato. Sin carbonatos. Textura areno-arcillosa.</p>	<p>Mezclada con la anterior para ladrillo macizo.</p>
<p><i>Cortegana.</i> — Carretera del cementerio, a unos 2 Km.</p>	<p>Yacimiento no visitado por nosotros. Muestra tomada por el dueño del taller alfarero. Geológicamente corresponde a una zona de pizarras cristalinas con intrusiones de pórfidos.</p>	<p>H-5.—Barro cerámico gris claro, arcillo-arenoso muy compacto. Sin carbonatos.</p>	<p>Alfarería corriente y artística. Taller familiar desde hace mucho tiempo.</p>
<p><i>Cortegana.</i> — Tejar de Aurelio. Carretera de Cortegana a Almonaster, al comienzo de la cuesta.</p>	<p>Pórfidos muy alterados, que producen una tierra amarillo-rojiza que rellena los huecos de las rocas. Tomamos la parte superior de la roca alterada. — Geológicamente: estrato cristalino con pórfidos.</p>	<p>H-6.—Tierra amarillo-clara. Textura arenosa, aterronada en bloques de tamaño de garbanzo o lenteja. Sin carbonatos.</p>	<p>Ladrillos huecos y macizos, a mano. Tejar contiguo al yacimiento.</p>
<p>" "</p>	<p>" "</p>	<p>H-7.—Barro para ladrillos tomado en el propio tejat. El mismo material anterior más homogeneizado.</p>	<p>" "</p>
<p><i>Almonaster.</i> — Cruce estación del ferrocarril.</p>	<p>Cortes en la roca alterada. Geológicamente: extensa zona intrusiva de pórfidos en el estrato cristalino.</p>	<p>H-8. — Terrones compactos de tamaño variable (desde 1 a 8 cm. Ø). Color amarillo claro a ocre. Con raíces abundantes. Textura areno-arcillosa. Sin carbonatos. Material "fuerte" tomado en la parte superior.</p>	<p>Ladrillos y tejas en industria contigua.</p>

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
" "	" "	H-9. — Material amarillento más suelto del mismo yacimiento. Tomado por debajo de los 90 centímetros de la superficie. Textura areno-limosa. Sin carbonatos.	Ladrillos y tejas.
<i>Aracena.</i> — Alrededores parte norte.	No tomamos la muestra en el yacimiento, sino en el taller de alfarería. La zona corresponde a un contacto de estrato cristalino con calizas cámbricas.	H-10.—Tierra roja en terrones y grano fino. Por su aspecto parece sedimentos arrastrados de zonas próximas. Textura arcillo-limosa. Sin carbonatos.	Cerámica artística. Taller de artesanía con gran venta a los visitantes de la Gruta de Aracena.
<i>Valverde del Camino.</i> — Carretera a San Juan del Puerto, kilómetro 2, izquierda de la carretera.	Pizarra alterada. Con una costra superior (de 0,5 a 1 metro) de tierra roja. Pizarras silúricas con frecuentes afloramientos de pórfidos.	H-15.—Tierra roja aterronada formada en la superficie del corte. Textura areno-arcillosa. Sin carbonatos.	Ladrillo macizo.
<i>Cañaveral de León.</i> — Valle Gonzalo. Carretera de Cañaveral a Corte Concepción. Kilómetro 2; 80 m. al N-NE de la carretera	Corte explotado sólo en verano, de 0.6 a 1 m. de espesor y 20 m. de amplitud. Arcilla rojiza sobre la pizarra alterada. Contacto entre calizas cámbricas al norte y pizarras silúricas al sur, con algunos afloramientos ígneos.	H-21.—Arcilla roja, en grano fino, homogénea, con materia orgánica. Textura areno-arcillosa. Sin carbonatos.	Tejas y ladrillos.
<i>Hinojales.</i> — Tejar de la Vega de Aracena. Camino vecinal de Hinojales a Zufre, kilómetro 5, lado norte.	Cortes de hasta 2 metros en sedimentos muy profundos procedentes de arrastre. Junto al contacto de calizas cámbricas al Norte y pizarras silúricas al Sur, con afloramientos de rocas ígneas. No se observa caliza.	H-22. — Tomada de un montón ya homogeneizado en tejar contiguo. Arcilla aterronada color ocre amarillento. Textura areno-limosa. Sin carbonatos.	Tejar para ladrillos de producción estival.

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<i>Arroyomolinos de León.</i> —La Mezquita, kilómetro 3 de la carretera de Arroyomolinos a Cala. Desviado 400 m. a la derecha.	Corte de 25 metros de amplitud y 2 metros de profundidad sobre roca alterada. Parte del material procede de arrastre próximo. Extensa zona de rocas ígneas en Cámbrico.	H-23.—Arcilla en terrones rojo amarillentos, procedente de la erosión de rocas muy ferríficas. En las proximidades se encuentran minerales de hierro prácticamente puros—oligisto—. Textura amarillo-arenosa. Sin carbonatos.	Ladrillo macizo.
<i>Cala.</i> —Tres Encinas. Carretera de Cala a Santa Olalla, kilómetro 8,8, lado sur de la carretera. Inmediaciones del tejlar.	Cortes de más de 30 metros y 1,60 de potencia orientados al norte en una zona de arrastres antiguos procedentes de granitos en descomposición.	H-24.—Tierra arenosa con frecuentes nódulos blancuzcos y amarillos. Textura arenosa. Sin carbonatos.	Tejar y ladrillos. Fabrica además losas para solería de hornos de pan.
<i>Santa Bárbara de Casa.</i> — Los Pozos, camino vecinal a Puebla de Guzmán, kilómetro 2.	Roca alterada junto a un pozo en el camino. Pizarras silúricas.	H-25. — Tierra amarillo-verdosa. Tomada a 0,5 m. de la superficie. Veteada en amarillo con óxidos de hierro. Textura arcillo limosa. Sin carbonatos.	Enjalbegado de paredes interiores en el pueblo próximo.
" "	" "	H-26. — Tierra amarillenta tomada en el mismo pozo. Corresponde a la roca menos alterada. Con materia orgánica, manchas de óxido de hierro y trozos de pizarra no meteorizada. Textura arcillo-limosa. Sin carbonatos.	Las mismas.
<i>San Bartolomé de las Torres.</i> —Parrón, kilómetro 2 de la carretera a Villanueva de los Castillejos. Tejar al lado Sur de la carretera.	Material de relleno sobre pizarras del carbonífero, procedentes de arrastre de zonas próximas.	H-42. — "Barro fuerte" migajoso, en terrones grandes. Gris verdoso muy claro, con nódulos oscuros de roca no alterada. Textura arcillo-arenosa. Sin carbonatos.	Ladrillo macizo y tejas.

SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	APLICACIONES ACTUALES
<p style="text-align: center;">" "</p> <p><i>Villanueva de los Castillejos.</i> — El Soriano, kilómetro 4 de la carretera de Villanueva a San Bartolomé. Tejar al Sur de la carretera.</p>	<p style="text-align: center;">" "</p> <p>Sedimentos de espesor inferior a 1 m. Sobre pizarra del carbonífero procedentes de terrenos muy próximos.</p>	<p>H-43. — "Barro flojo" de arriba por encima de los 50 centímetros. En terrones grandes de estructura migajosa. Color beige claro. Con raíces. Arenolimoso. Sin carbonatos.</p> <p>H-44. — Terrones de estructura migajosa con raicillas y nódulos de roca sin alterar. Gris verdoso claro, muy parecido a la muestra H-42. Textura arcillo-limosa Sin carbonatos</p>	<p>Las mismas.</p> <p>Ladrillo macizo y teja curva.</p>
<p><i>Puebla de Guzmán.</i> — Dehesa de Enmedio, kilómetro 2 de la carretera a Paymogo. Tejar al oeste de la carretera.</p>	<p>Cortes de poca potencia en arrastres muy meteorizados sobre pizarras silúricas.</p>	<p>H-45. — "Barro fuerte" muy similar a la muestra anterior. Gris verdoso muy claro. Láminas muy delgadas. Textura arcillo limosa. Sin carbonatos.</p>	<p>Ladrillo macizo y teja curva.</p>
<p style="text-align: center;">" "</p>	<p style="text-align: center;">" "</p>	<p>H-46. — "Barro flojo" del mismo yacimiento, más amarillo que el anterior, con raíces. Limo-arcilloso. Sin carbonatos.</p>	<p style="text-align: center;">" "</p>

todos usuales en el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto (5), (6), (7). Los ensayos tecnológicos se realizaron (8) 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 Optica 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 y 6 corresponden a las curvas de deshidratación y registros de A. T. D.; y las Tablas IV, V, VI y VII contienen los datos de difracción de rayos X. Las fotografías con el microscopio electrónico se incluyen en las figuras 7, 8 y 9.

#### 1. DETERMINACIONES FISICOQUÍMICAS.

La naturaleza caolínica de estos materiales se manifiesta en el bajo valor de las razones molares  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ , ya que sólo seis muestras sobrepasan el valor 2,60 en la primera de dichas razones y la casi totalidad no llega a 2,40 en la segunda. Hemos de hacer constar que el bajo valor de la razón  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  puede deberse, no tanto al elevado contenido en caolinita como a la considerable proporción de óxidos de hierro y aluminio (muestras 21, 23, 25, 26 y 43).

Valores bajos del agua perdida a  $100^\circ$  y pequeño contenido de magnesio indican ausencia de minerales montmorilloníticos, al menos en proporción notable y el pequeño valor del contenido en potasio es índice de la falta de minerales ílíticos o de micas potásicas, en gran parte de las muestras. Por el contrario, la proporción de potasio en las muestras 2, 22, 25, 26, 42, 43, 44, 45 y 46 denota la presencia de cierta cantidad de micas o feldespatos procedentes de la roca originaria del yacimiento, no alterados suficientemente. La mayoría contiene una alta proporción de hierro, con excepción de las muestras 1, 5, 8, 25 y 26, lo que justifica su empleo en el enjalbegado de paredes y ciertas aplicaciones alfareras.

La capacidad de cambio es inferior a 35 meq./100 gr. en doce muestras y sólo tres superan los 50 meq./100 gr., confirmando lo expuesto anteriormente.

El aspecto de las curvas de deshidratación de las muestras de la fig. 2, procedentes de pizarras alteradas, con un bajo contenido en agua eliminada a  $100^\circ\text{C}$ , y pequeño a mediano de agua reticular, recuerda al de los materiales citados por Albareda, Alexandre y Sánchez Calvo (9), en su estudio de las rocas españolas del Silúrico. Los citados autores establecen que las pizarras correspondien-

TABLA II  
ANÁLISIS QUÍMICO Y CAPACIDAD DE CAMBIO. ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. TERRENOS ÍGNEOS Y PRIMARIOS

Muestra	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	H-7	H-8	H-9	H-10	H-15
SiO <sub>2</sub> . . . . .	47,17	50,48	43,35	42,70	43,93	42,06	44,94	41,91	45,36	37,54	38,75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	37,12	22,69	29,95	30,59	38,17	32,41	30,18	39,70	31,36	31,20	26,13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,25	7,25	12,80	11,27	2,99	8,49	10,52	2,07	8,89	15,91	18,90
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0,51	0,77	0,61	1,01	0,46	0,94	0,98	0,57	1,26	1,37	1,69
CaO . . . . .	—	1,71	0,16	—	—	—	0,13	0,33	—	—	1,32
MgO . . . . .	0,77	1,74	2,25	2,16	1,38	1,99	1,65	0,81	1,23	0,33	1,28
K <sub>2</sub> O . . . . .	1,92	2,28	0,10	0,61	0,24	0,48	0,59	0,29	0,87	0,59	0,41
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,87	0,12	—	0,37	0,97	0,42	—	0,68	—	0,12	0,14
Pérdida por cal- cinación . . . . .	8,66	11,57	12,01	11,92	13,00	12,28	11,84	13,04	11,80	11,95	10,46
TOTAL . . . . .	98,27	98,61	101,23	100,63	101,14	99,07	100,63	99,40	100,77	99,01	99,08
H <sub>2</sub> O . . . . .	3,02	8,86	3,29	4,84	5,19	3,99	4,11	4,26	3,44	4,90	7,67
SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,11	3,15	1,89	1,92	1,86	1,89	1,57	1,73	2,08	1,54	1,72
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,15	3,80	2,46	2,37	1,95	2,21	1,87	1,79	2,46	2,04	2,52
SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	100,62	18,70	9,01	10,15	40,77	13,22	11,47	53,69	13,74	6,32	5,47
Capacidad de cambio meq/100 . . . . .	15,07	52,09	40,61	28,02	23,2	22,2	29,45	21,94	32,17	21,34	41,73

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. TERRENOS ÍGNEOS Y PRIMARIOS

Muestra	H-21	H-22	H-23	H-24	H-25	H-26	H-42	H-43	H-44	H-45	H-46
SiO <sub>2</sub> . . . . .	40,21	42,11	40,42	43,84	47,82	46,08	48,03	47,06	45,01	46,78	46,22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	20,31	23,10	29,03	26,15	34,80	34,97	26,36	26,81	29,46	32,04	31,94
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	18,12	15,13	15,20	11,66	4,90	6,59	10,77	10,39	9,66	6,51	7,59
TiO <sub>2</sub> . . . . .	1,01	1,91	0,16	1,29	0,67	0,72	0,55	0,66	0,52	0,64	0,72
CaO . . . . .	1,93	1,70	1,24	1,66	0,33	0,30	—	—	—	—	0,20
MgO . . . . .	4,09	2,23	1,98	2,21	0,71	0,40	2,42	2,34	2,38	1,39	1,46
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,86	4,49	1,88	1,03	4,41	4,65	3,06	3,90	3,26	4,88	4,81
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,90	0,63	1,08	0,99	0,65	0,41	0,49	—	—	—	—
Pérdida por cal- cinación . . . . .	10,37	9,61	10,95	11,03	7,41	7,72	8,37	7,70	8,93	7,96	7,76
TOTAL . . . . .	97,80	100,91	101,94	99,86	101,70	101,84	100,06	98,86	99,22	100,20	100,70
H <sub>2</sub> O . . . . .	6,98	5,67	3,55	5,99	11,94	2,35	4,17	3,05	4,04	1,95	1,95
SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,06	2,03	1,76	2,11	2,09	2,00	2,40	2,33	2,10	2,14	2,08
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3,36	3,09	2,36	2,85	2,33	2,24	3,09	2,98	2,59	2,48	2,45
SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5,91	7,40	7,07	10,01	25,97	18,73	11,86	12,03	12,38	19,08	16,19
Capacidad de cambio meq/100 . . . . .	52,39	43,40	28,90	52,40	32,80	24,90	42,9	42,34	41,9	32,36	39,7

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

tes contienen, además de cuarzo, micas (especialmente muscovita) y caolinita, como minerales dominantes y clorita como secundario; y que su fracción arcillosa está formada por illita, caolinita, y, en alguna de ellas, muscovita.

El resto de las curvas (fig. 3), indica la existencia de minerales más alterados, aunque continúa siendo bajo el porcentaje de agua perdida a 100°C. El agua reticular aumenta en esta serie y en algunas (5, 7, 10, 15), se observa la fuerte deshidratación de los geles de hierro y aluminio.

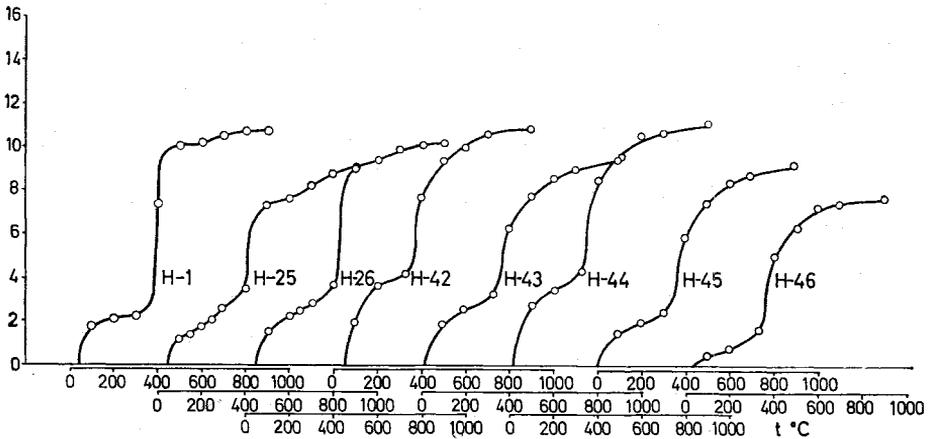


FIG. 2.—Curvas de análisis térmico ponderal de las muestras procedentes de yacimientos sobre pizarras.

Los registros de A. T. D. confirman la constitución caolinítica en especial en las arcillas procedentes de terrenos ígneos de Sierra Morena, que hemos seleccionado en la fig. 4 (muestras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10). Estas presentan un efecto endotérmico muy fuerte en la región 545°-580°C; otro de menor intensidad a 145°-150°C y uno exotérmico final muy agudo e intenso en la región 920°-970°C. Algunas de ellas (3, 5, 8, 9 y 10) presentan en mayor o menor grado el efecto endotérmico en la región 250°-300°C, propio de los óxidos de hierro hidratados, que en las restantes se manifiesta por una ligera inflexión.

Las arcillas cuyos registros se incluyen en la fig. 5 (muestras 15, 21, 22, 23 y 24), procedentes también de rocas de origen ígneo de Sierra Morena en un estado más avanzado de alteración, presentan menos destacada que el grupo anterior la participación de los minerales caoliníticos, como se observa por la menor intensidad del efecto endotérmico en la región 565°-590°C y del exotérmico final

TABLA IV  
 DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. TERRENOS ÍGNEOS Y PRIMARIOS

H-1		H-2		H-3		H-4		H-5		H-6		H-7		H-8	
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>
15,099	6	15,76	48	14,71	7,2	13,58	44,4	15,49	5,0	13,70	7,6	13,79	8,0	13,58	2,5
12,992	6	10,10	40,4	10,04	13,9	11,77	33,4	9,92	6,6	10,15	5,2	9,92	7,0	7,96	30,9
10,043	53	6,91	66,9	7,18	100	9,92	25,0	7,18	100	7,13	100	7,24	73,3	7,24	85,7
7,221	100	4,97	17,6	6,32	15,0	7,96	28,9	5,98	11,0	5,82	11,1	5,60	5,3	6,27	14,2
5,865	10	4,43	100	5,90	15,9	7,30	100	4,39	90,0	5,30	9,7	5,00	8,0	5,36	8,7
4,994	25	4,22	52,9	5,21	14,4	5,67	25,0	3,55	83,3	5,06	6,9	4,41	100	4,43	100
4,794	3	3,70	40,4	4,87	12,2	4,41	83,3	3,20	10,5	4,43	79,1	3,86	20,0	4,22	72,7
4,437	20	3,49	26,4	4,43	86,0	4,22	52,8	2,75	5,0	4,03	46,1	3,55	84,7	4,01	27,2
4,178	44	3,32	47,0	3,54	60,2	3,55	70,0	2,54	32,0	3,86	27,0	3,36	28,0	3,55	72,7
4,075	6	3,10	30,8	3,36	40,5	2,54	88,8	2,43	32,6	3,54	72,9	3,18	20,0	3,18	19,4
3,865	12	2,97	41,1	3,18	24,3	2,35	66,6	2,33	24,0	3,36	24,3	3,03	10,0	3,12	14,2
3,588	57	2,56	80,8	3,09	24,3	2,30	26,1	2,14	6,0	3,17	24,3	2,92	9,3	2,83	9,7
3,519	71	2,49	61,7	2,88	14,4	2,05	33,3	1,90	5,0	2,56	36,4	2,71	2,8	2,71	9,0
3,325	56	2,25	55,8	2,56	31,3	1,97	10,0	1,79	2,0	2,42	27,7	2,55	12,0	2,63	12,9
3,196	29	2,19	20,5	2,49	37,6	1,83	11,6	1,65	6,0	2,33	36,4	2,49	26,0	2,49	27,5
3,051	7	2,05	17,6	2,42	38,5	1,66	22,2	1,49	26,6	2,11	7,2	2,42	20,0	2,42	34,1
2,986	12	1,97	22,0	2,27	9,5	1,48	24,4			1,67	26,7	2,34	26,0	2,40	8,5
2,861	10	1,82	8,8	1,76	10,1					1,48	36,4	2,30	20,0	2,35	51,9
2,791	6	1,65	23,5	1,68	15,9							2,25	16,0	2,16	7,8
2,555	18	1,49	75,0	1,52	11,6							2,12	5,0	1,96	7,8
2,493	8			1,48	17,3							1,94	8,0	1,68	17,5
2,379	10											1,66	13,3	1,51	14,3
2,033	6											1,48	24,4	1,48	36,3
1,999	18														
1,646	8														
1,496	11														

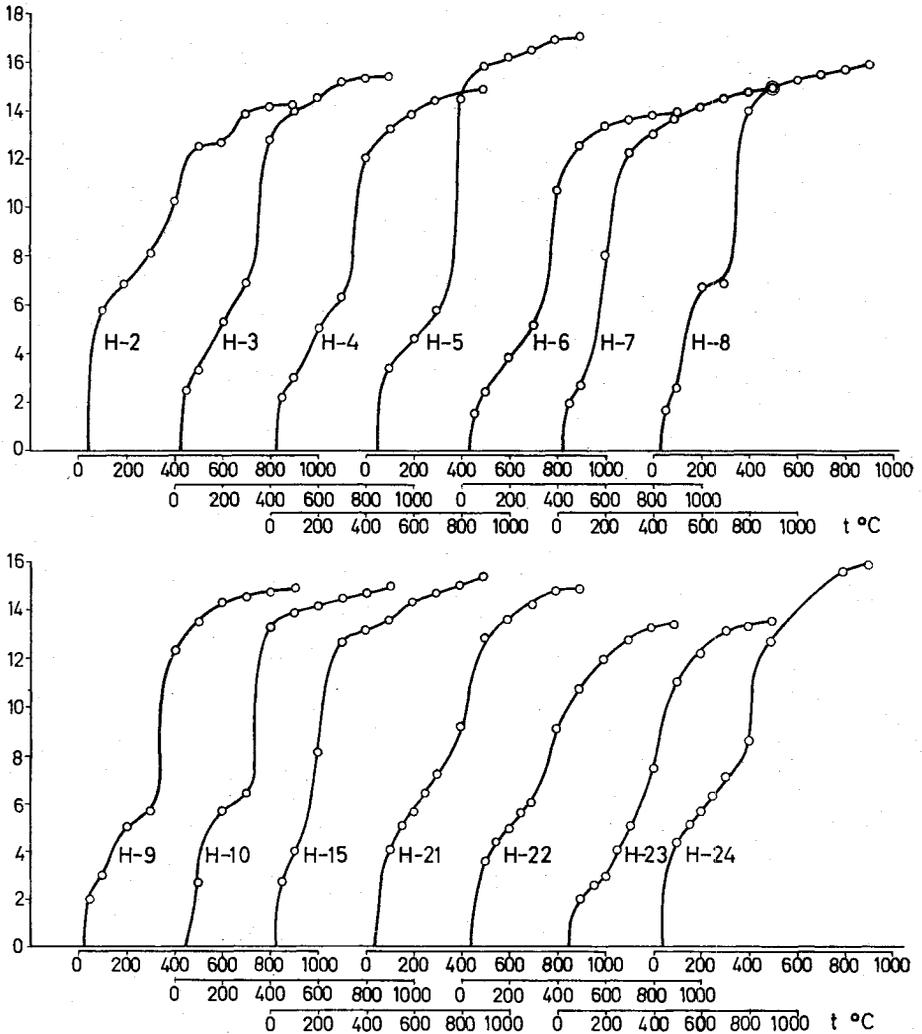


FIG. 3.—Curvas de análisis térmico ponderal de las muestras procedentes de afloramientos ígneos.

en la región de 900°C. Por el contrario, se hace más intenso en ellas el primer efecto endotérmico en la región 135°-150°C, propio de una mayor participación de minerales montmorilloníticos o ílticos (en diversos grados de alteración). También se hace más intenso el efecto endotérmico debido al hierro goetítico en la región 250°-350°C.

El grupo de arcillas formadas sobre pizarras, que incluimos en la fig. 6,

destaca por su menor contenido en caolinita y mayor de ilita y micas. Sigue destacado el efecto endotérmico debido al hierro goetítico y a continuación uno exotérmico en la región 350°-385°C, propio de geles de hierro y aluminio.

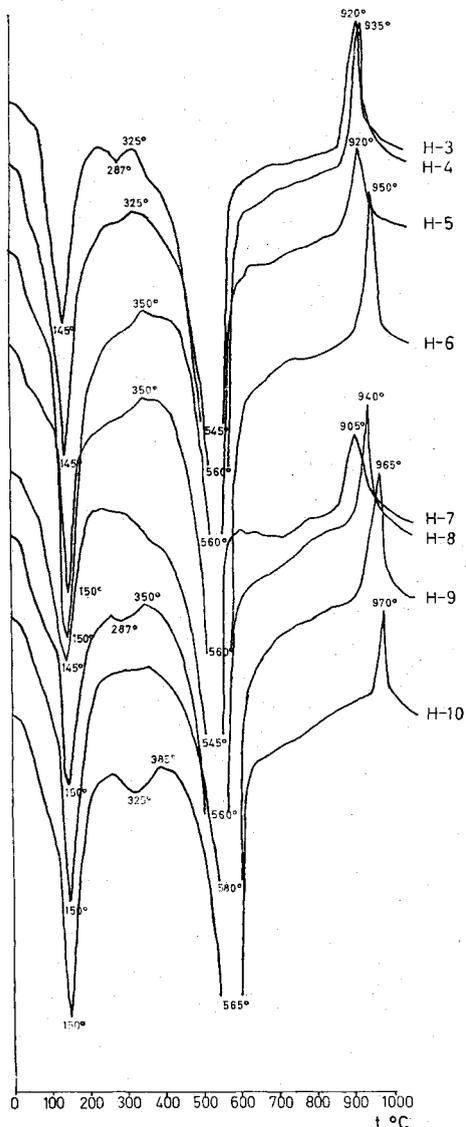


FIG. 4.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras procedentes de afloramientos igneos.

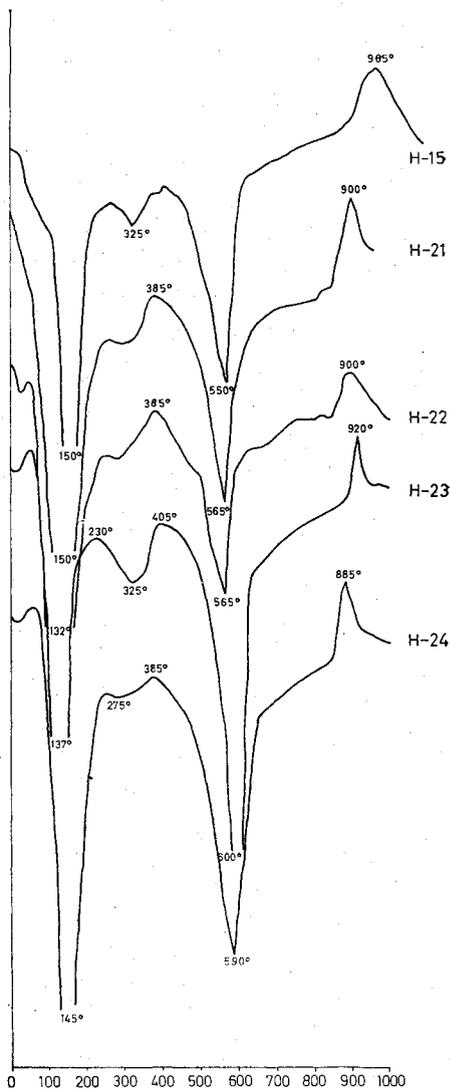


FIG. 5.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras procedentes de afloramientos igneos. (Conclusión.)

TABLA V

DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. TERRENOS ÍGNEOS Y PRIMARIOS

ARCILLAS CERÁMICAS DE ANDALUCÍA

H-9		H-10		H-15		H-21		H-22		H-23		H-24	
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>
9,92	12,1	13,18	8,6	14,24	10	17,31	9,3	14,47	5,8	14,47	14,47	14,96	13,2
8,26	37,3	9,30	8,8	10,15	11,6	12,61	4,4	9,92	17,6	12,61	12,61	9,81	21,1
7,68	50,1	8,33	23,7	8,83	20,0	10,39	10	7,24	43,7	9,92	9,92	7,30	67,7
7,24	7,24	7,24	100	7,30	70,0	8,49	25,0	6,32	15,2	7,07	7,07	4,43	100
6,10	22,8	5,82	20,6	6,65	28,3	7,24	58,0	5,94	21,5	5,63	5,63	4,17	66,1
5,53	11,4	5,33	36,2	6,18	28,3	6,32	53,5	5,24	21,5	4,95	4,95	3,51	58,2
4,92	7,9	4,97	25,8	5,90	24,4	5,63	45	5,00	23,4	4,66	4,66	3,36	57,
4,43	56,2	4,39	82,7	5,21	24,0	4,97	44	4,79	18,7	4,43	4,43	3,21	37,0
4,32	63,8	4,24	64,7	4,43	100	4,43	91,0	4,43	100	4,22	4,22	2,54	50,3
4,22	57,0	4,14	48,2	4,12	55,5	4,16	100	4,18	71,8	4,15	4,15	2,42	42,3
4,08	28,8	3,94	56,8	4,00	42,2	3,55	71,8	4,03	37,1	3,86	3,86	2,29	40
4,01	28,8	3,55	86,2	3,86	50,0	3,46	85,7	3,84	40	3,73	3,73	2,16	15,8
3,93	15,9	3,39	37,0	3,49	42,2	3,33	58,9	3,73	32,8	3,55	3,55	2,07	13
3,86	14,6	3,34	43,1	3,34	35,0	3,18	59	3,63	37,1	3,47	3,47	1,76	10
3,54	87,4	3,24	36,2	3,18	21,6	3,04	30,3	3,54	39	3,32	3,32	1,69	21
3,34	15,9	3,06	28,4	2,95	13,3	2,56	85,0	3,43	32,8	3,19	3,19	1,62	15,8
3,18	21,2	2,66	39,2	2,73	20,0	2,42	51,5	3,33	39	2,92	2,92	1,54	19,0
2,75	3,1	2,55	35	2,63	21,7	2,29	26,7	3,18	35,1	2,66	2,66	1,49	51,8
2,55	31,9	2,49	5,1	2,55	42	2,17	26,7	3,06	27,4	2,55	2,55		
2,49	19,2	2,34	41,3	2,42	19	2,12	25	2,92	23,4	2,49	2,49		
2,42	11,4	2,21	41,3	2,25	20	2,03	13,5	2,84	17,1	2,42	2,42		
2,35	27,5	2,00	25,8	2,03	15,5	1,89	8,8	2,67	25,3	2,31	2,31		
2,24	3,1	1,68	15,5	2,00	12	1,72	25	2,56	49,2	2,29	2,29		
2,09	2,6	1,62	15,3	1,85	4,4	1,67	21,4	2,49	38,0	2,22	2,22		
1,92	3,1	1,59	11,6	1,79	4,8	1,60	12,5	2,43	44,3	2,12	2,12		
1,66	15,2	1,52	7,8	1,72	5,00	1,53	14	2,22	28	2,05	2,05		
1,51	19,2	1,67	15,3	1,67	15,3	1,50	8,0	2,19	23,4	2,01	2,01		
1,45	68,4	1,62	19,0	1,62	19,0	2,12	16,0	2,12	16,0	2,00	2,00		
		1,53	26,7	1,53	26,7	2,05	17,1	2,05	17,1	1,98	1,98		
		1,49	18,5	1,49	18,5	1,99	18,2	1,99	18,2	1,95	1,95		
		1,47	12,0	1,47	12,0	1,84	14,3	1,84	14,3	1,90	1,90		
						1,80	28,2	1,80	28,2	1,87	1,87		
						1,70	18,3	1,70	18,3	1,80	1,80		
						1,66	20,4	1,66	20,4	1,70	1,70		
						1,63	12,6	1,63	12,6	1,69	1,69		
						1,53	10,4	1,53	10,4	1,65	1,65		
						1,49	15,2	1,49	15,2				
												1,58	6,9
												1,55	15
												1,54	10
												1,49	58,3
												1,45	16,6

La muestra H-1, compuesta de ilita, caolinita, micas (prácticamente muscovita y algún material inerte, empleada como "tierra blanca" en enjalbegado de

paredes, por su interés genético y aplicaciones será objeto de una comunicación especial.

Los diagramas de difracción de rayos X de las muestras H-3 a la H-10 presentan, como componente fundamental de la mezcla, la caolinita; alguna de cuyas líneas pueden corresponder asimismo a metabaloisita; tal es el caso de la muestra H-5 como se observa en las fotografías al microscopio electrónico (fig. 8); apreciándose asimismo la presencia de un mineral micáceo, por las líneas de difracción que aparecen a 10 Å, 4,99 Å, 3,30 Å, etc... En todas ellas se presenta un espaciado sobre los 14 Å, de intensidad muy débil y apenas apreciable, de montmorillonita o clorita. Como minerales accesorios cristalizados se encuentran óxidos de hierro y aluminio, caracterizados por las líneas de difracción a 6,30 Å, 5,90 Å, 5,12 Å, etc.

Todos los diagramas de rayos X de estas muestras presentan un fondo bastante destacado, lo que nos hace pensar en la existencia de geles de hierro, siendo más acentuada su presencia en las muestras H-3 y H-10.

El estudio roentgenográfico de las muestras H-15, H-21, H-22, H-23 y H-24 nos indica para las tres primeras la presencia, en proporciones casi equivalentes, de ilita y caolinita, destacando este último mineral en las H-23 y H-24. Como minerales accesorios

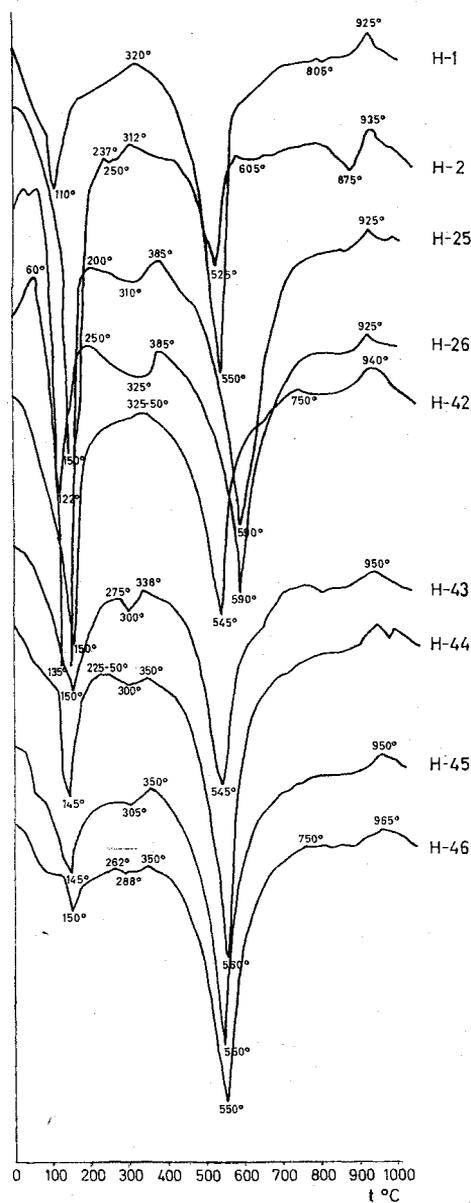
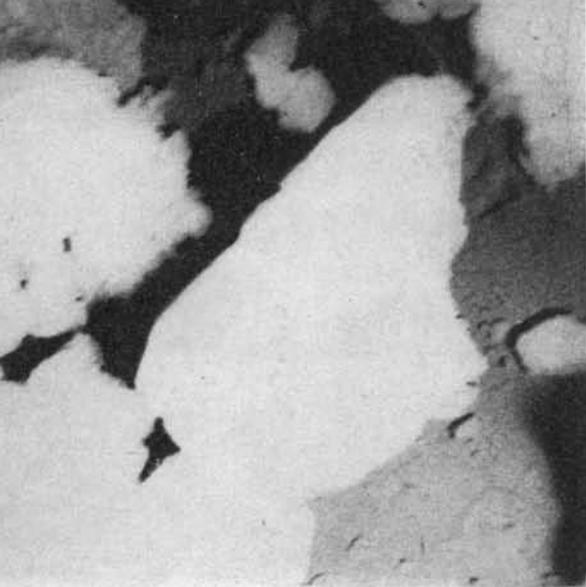


FIG. 6.—Curvas de análisis térmico diferencial de las muestras procedentes de yacimientos sobre pizarras.

TABLA VI  
DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. TERRENOS ÍGNEOS Y PRIMARIOS

H-25		H-26		H-42		H-43		H-44		H-45		H-46	
dA	l/l <sub>0</sub>	dA	l/l <sub>0</sub>	dA	l/l <sub>0</sub>	dA	l/l <sub>0</sub>	dA	l/l <sub>0</sub>	dA	l/l <sub>0</sub>	dA	l/l <sub>0</sub>
9,81	40	9,81	32,8	13,38	17,2	9,81	22,3	9,81	32,4	9,81	36,7	9,81	19
7,24	45	8,03	16,0	11,32	35	7,07	29,7	7,13	60,4	7,07	71,4	7,07	75
4,95	30	7,13	64,2	9,92	22,8	4,97	41,9	6,10	10,8	4,95	29,1	4,97	75
4,43	46	4,95	27,2	7,24	25,6	4,43	100	7,24	19,4	4,43	65,8	4,43	75
4,28	17,6	4,43	72,8	4,95	36,3	4,22	51,1	4,95	32,4	4,22	44,8	4,22	41,6
4,12	31	4,14	81,4	4,43	100	4,11	33,4	4,66	42,1	4,09	40,8	4,12	42
3,86	17,6	3,86	60,0	4,26	40,6	3,94	23,8	4,43	99	3,84	32,6	3,86	64,9
3,72	18	3,72	50	4,12	54	3,86	24	4,22	47,5	3,70	34,6	3,70	51,3
3,47	55,5	3,55	51	4,07	50	3,70	46,5	4,12	54	3,47	100	3,49	100
3,32	81,0	3,49	57,1	3,86	52	3,47	53,5	3,86	27	3,32	67,3	3,33	80,9
3,18	36,4	3,32	85,7	3,46	55	3,32	57,6	3,70	46	3,18	45,9	3,18	59,8
2,97	30	3,18	34,3	3,34	54,2	3,18	53	3,49	100	2,98	27,5	2,97	29
2,84	24,3	2,97	41,5	3,18	50	2,97	40	3,32	58,32	2,93	18,3	2,84	34,2
2,77	19	2,84	27,5	2,97	54,2	2,86	18,1	3,18	48	2,77	18,3	2,79	31,3
2,55	100	2,79	21,5	2,83	27,0	2,77	13	2,97	43,2	2,55	61,2	2,54	95,7
2,42	57,4	2,65	21,0	2,56	6	2,55	74,4	2,83	38,8	2,45	30,6	2,45	38,7
2,36	30	2,54	100	2,44	45,4	2,44	18	2,54	86,4	2,36	32,1	2,42	37
2,24	19	2,43	50	2,38	51	2,22	7,4	2,44	35	2,23	14,2	2,36	32
2,12	26,4	2,37	35,7	2,23	21,3	2,18	18,6	2,41	29	2,18	17,8	2,27	10,2
1,99	34,4	2,33	17,1	2,23	36	2,12	40	2,33	25,9	2,12	12	2,23	10,2
1,96	27	2,23	18	2,03	12,3	2,00	17	2,22	32,4	1,99	24,5	2,12	20,4
1,72	11	2,18	22	1,99	23	1,95	7	2,12	24	1,89	6,1	1,99	25
1,64	36,4	2,12	17,1	1,88	8,6	1,81	5,6	1,99	35,1	1,81	7	1,81	42,7
		2,09	16	1,81	8,2	1,73	8	1,88	16,2	1,65	36,7	1,64	11,9
		1,99	34	1,72	12,3	1,69	9	1,81	15,12	1,52	30	1,53	43,8
		1,83	6,4	1,67	12	1,64	18	1,68	24	1,49	55,0	1,52	17
		1,71	12,8	1,64	27	1,53	22,2	1,65	38,8			1,49	45,6
		1,64	20	1,49	46	1,49	27,9	1,60	14,5				
		1,54	20			1,53	18,9	1,53	18,9				
		1,51	10			1,49	43,2						
		1,49	42,8										

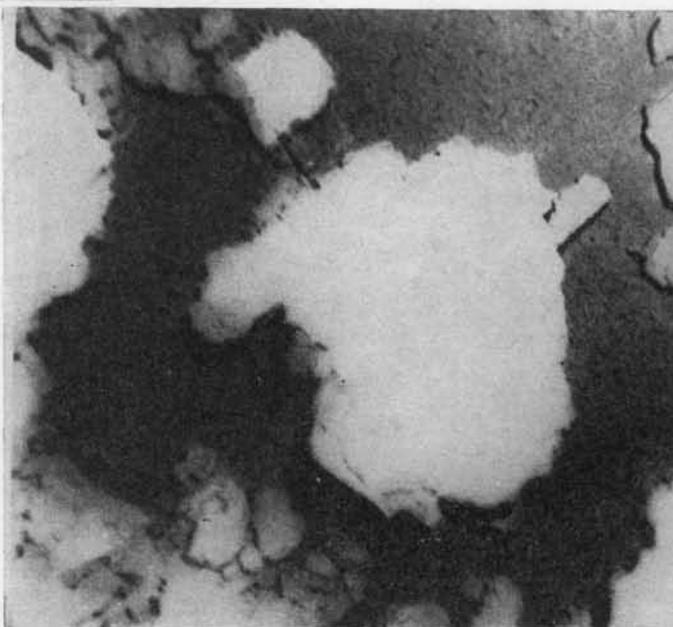


I. H-1.—*Caolinita. Ilitas algo alteradas.*

←

II. H-1.—*Caolinita. Ilitas algo alteradas.*

↓



III. H-2.—*Montmorillonita la mayoría; escasa caolinita. Se asocia aquélla con geles que la oscurecen y con hierro goetítico, curvo a veces; hay sales.*

↓

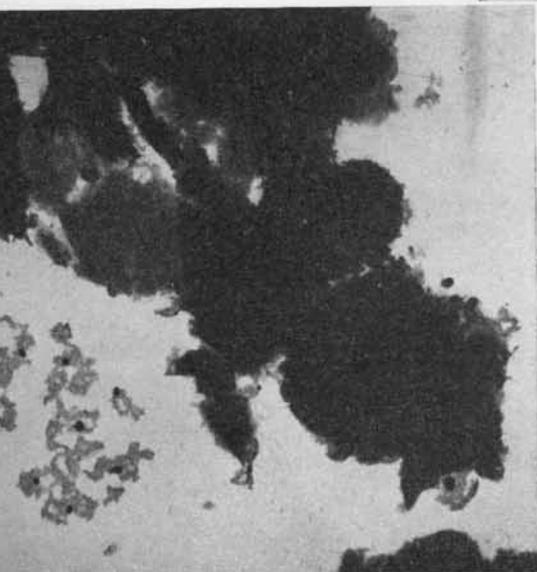
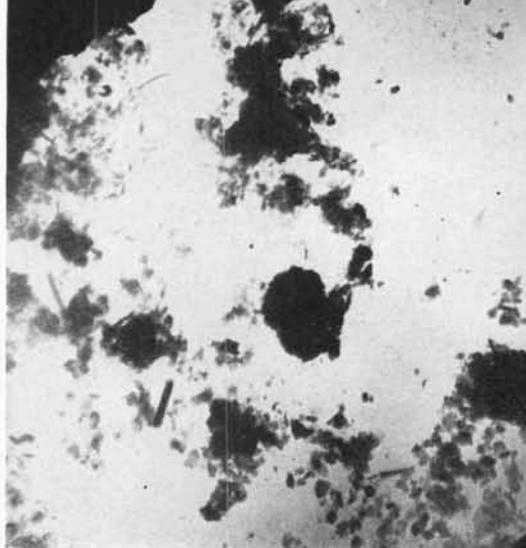
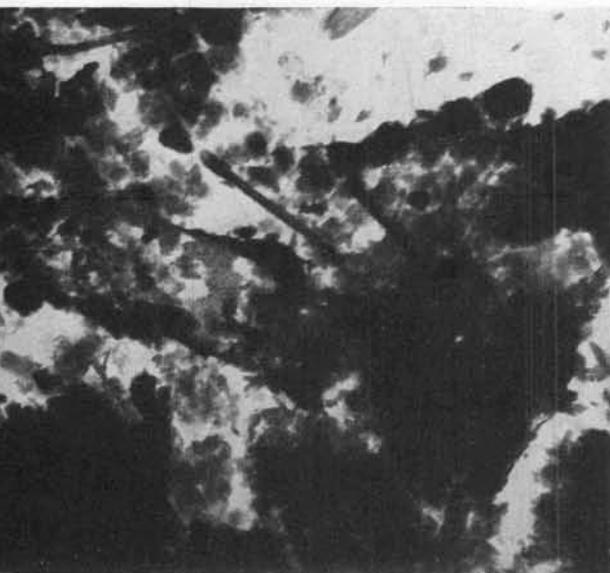


FIG. 7.—*Microfotografías electrónicas de las muestras H-1 (sombreadas con oro-paladio), y H-2 (visión directa). 15.000 aumentos.*

I. H-5.—*Visión directa. 7.500 aumentos.*



II. H-5.—*Visión directa. 15.000 aumentos.*



III. H-5.—*Visión directa. 15.000 aumentos.*

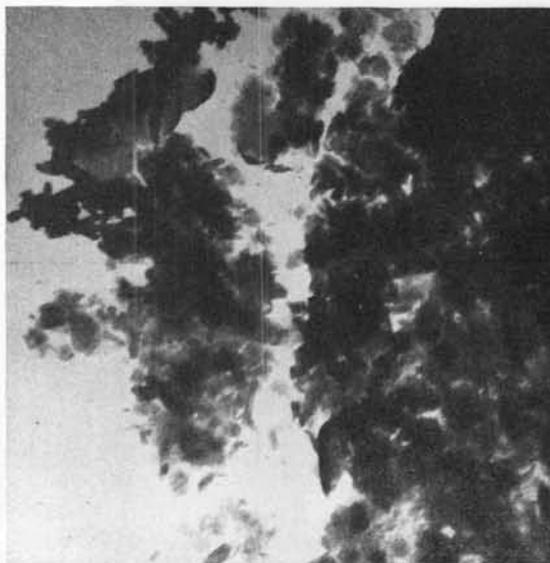
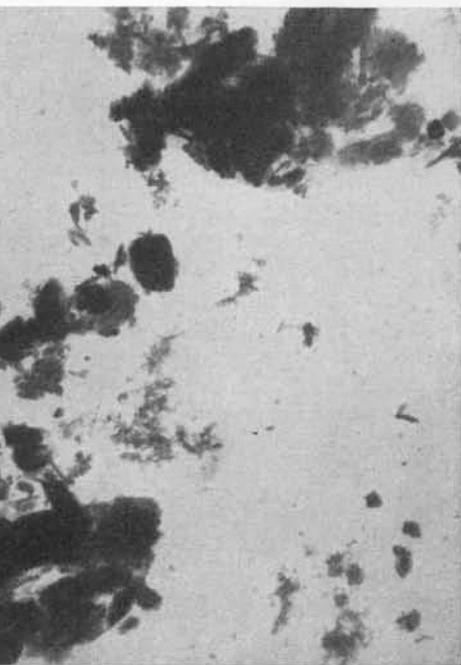
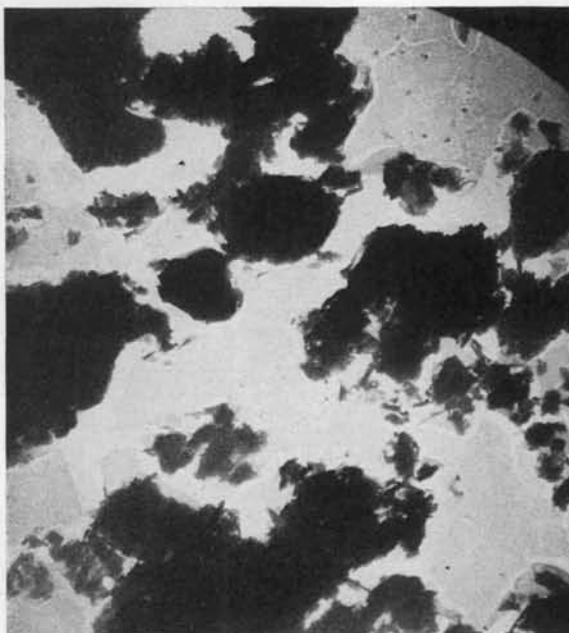


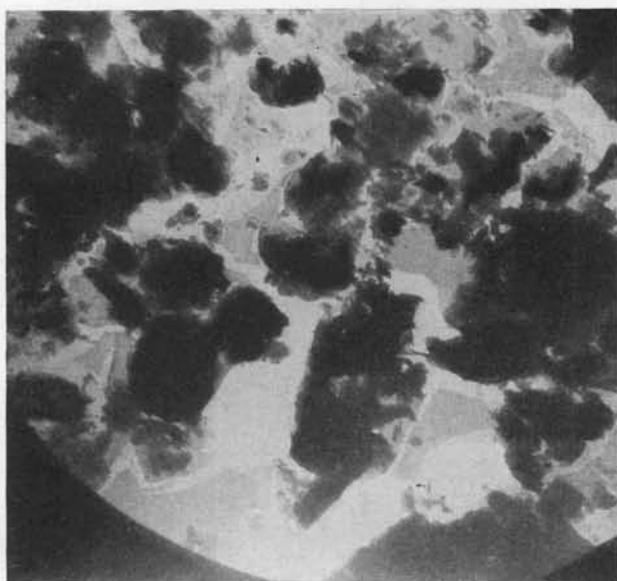
FIG. 8.—*Microfotografías electrónicas de la muestra H-5. Microlaminillas atípicas de illita-montmorillonita y haloisita heterométrica frecuente.*



I. H-10.—*Visión directa. 15.000 aumentos.*



II. H-10.—*Visión directa. 15.000 aumentos.*



III. H-10.—*Visión directa. 7.500 aumentos.*

FIG. 9.—*Microfotografías electrónicas de la muestra H-10. Haloisita corta, hierro goético incipiente y predominio de montmorillonoides.*

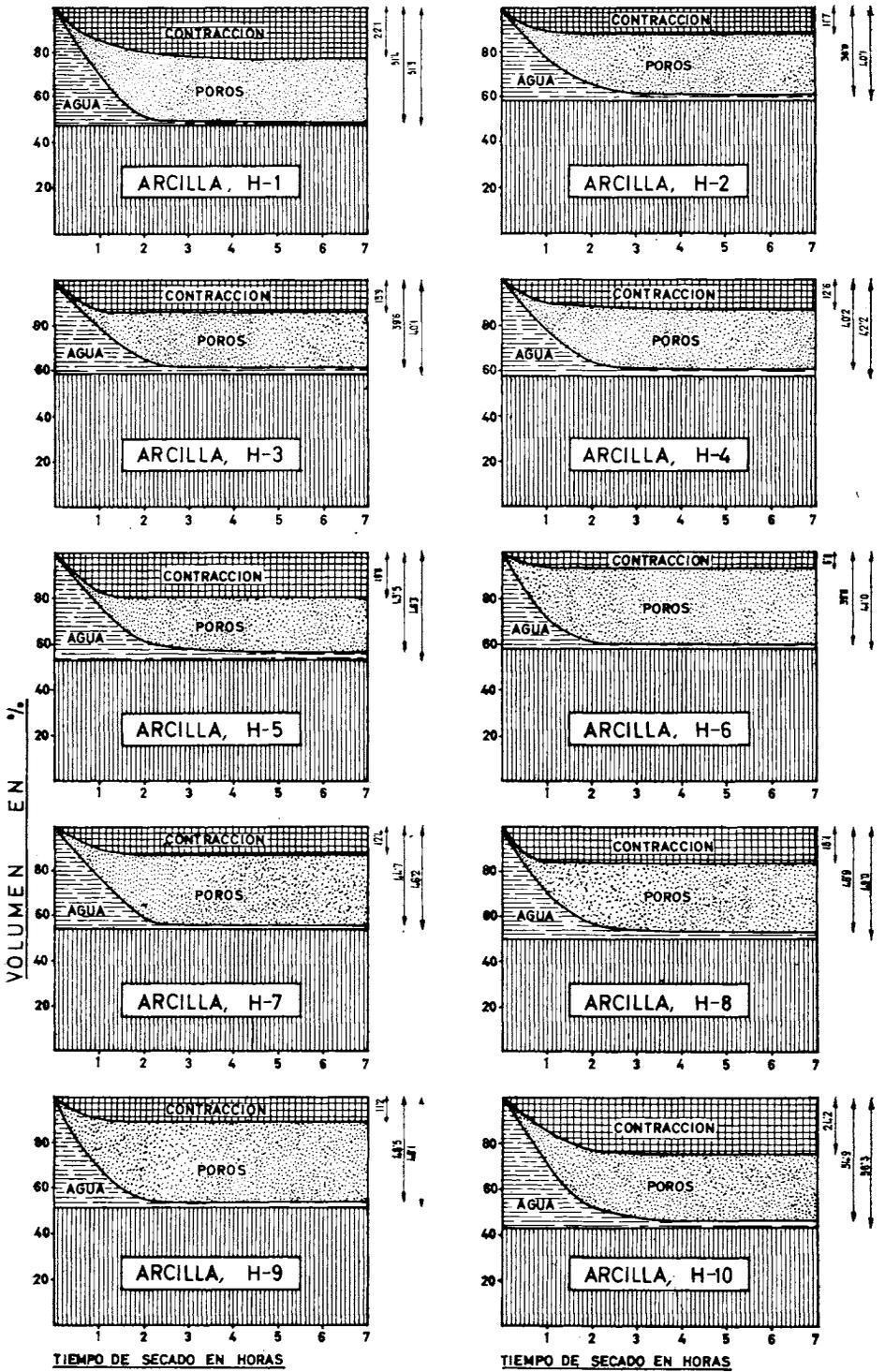


FIG. 10.—Diagramas de secado a 50°C de las muestras H-1 a la H-10.

sorios cristalizados se encuentran cuarzo y algo de óxidos de hierro y aluminio. También se observa una débil línea de difracción sobre 14 Å.

Los diagramas muestran un fondo muy apreciable, lo que nos indica la presencia de geles de hierro. Quizás parte del gran efecto endotérmico que presentan los diagramas del A. T. D. sean debidos a la presencia de estos geles; cosa que está de acuerdo con el exotérmico que presentan los mismos sobre 400°C, así como con la gran proporción de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  que arroja el análisis químico.

Las difracciones de las muestras H-25, H-26, H-45 y H-46, presentan las características de un mineral micáceo, acompañando a la caolinita. La difracción característica del mineral micáceo a 10 Å está bien definida, presentando un pico agudo sobre 1,66 Å en lugar de una banda. Todo esto nos hace pensar que se trata de una mica (muscovita). Como minerales accesorios cristalizados se presenta el cuarzo en todas las muestras.

El diagrama de la muestras H-2, H-42, H-43 y H-44 indica la presencia de mica en todas ellas (probablemente ilita) pues la difracción 10 Å no está bien definida y presenta una banda alrededor de 1,66 Å), acompañada de caolinita, siendo más destacada la proporción de este mineral en las H-2 y H-44. También se presenta en todos los diagramas un espaciado próximo a los 14 Å, que puede corresponder a montmorillonita o clorita. Como minerales accesorios cristalizados se presenta el cuarzo.

La Tabla VII que muestra los diagramas de difracción de rayos X de las muestras 21, 22, 23, 24, 25 y 26, solvatadas con etilenglicol, confirma las manifestaciones anteriores. El espaciado muy débil que se presentaba sobre los 14 Å, se desplaza a 17 Å, no pudiéndose tampoco afirmar que esta pequeña proporción de mineral sea montmorillonita o clorita.

## 2. MICROSCOPIO ELECTRÓNICO.

El examen al microscopio electrónico, realizado en las cuatro muestras de mayor interés cerámico (H-1, H-2, H-5 y H-10) confirma la constitución caolinítica (o haloisítica). Asimismo se destaca la presencia de geles y de hierro goetítico (H-2 y H-10). La ilita alterada (H-1) y la montmorillonita (H-2, H-5 y H-10) se encuentran presentes también.

Del estudio fisicoquímico de la fracción arcilla extraída de los materiales que se estudian, después del adecuado tratamiento de eliminación de carbonatos y materia orgánica, se desprende que las muestras procedentes de yacimientos situados sobre afloramientos ígneos (granitos, pórfidos, etc.), son de naturaleza fundamentalmente caolinítica, con una alta proporción de minerales micáceos

TABLA VII

DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. TERRENOS ÍGNEOS Y PRIMARIOS.

(Muestras saturadas con etilenglicol.)

H-21		H-22		H-23		H-24		H-25		H-26	
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>
16,82	mD	10,1	M	16,82	D	16,82	D	17,5	mD	10,1	M
10,1	D	7,22	mD	10,1	D	10,3	D	10,1	F	7,07	D
7,22	mD	4,58	F	7,22	M	7,22	M	7,3	D	5,06	D
4,49	F	3,37	D	4,49	F	4,49	F	4,92	D	4,45	F
4,22	M	2,58	M	4,17	F	4,27	D	4,49	F	4,22	M
3,49	D	2,46	D	3,56	M	3,56	D	4,38	D	3,93	D
3,36	D	1,50	D	3,36	D	3,33	D	4,24	D	3,78	M
2,56	F			2,67	D	2,58	M	3,95	D	3,49	M
2,42	M F			2,58	M F	2,42	M	3,78	D	3,36	F
1,75	D			2,44	M	1,71	D	3,49	D	3,22	D
1,68	D			2,33	D	1,64	D	3,36	F	3,00	M
1,54	D			2,22	D	1,49	M	3,24	M	2,88	D
1,49	D M			2,16	D			3,02	M	2,83	D
				1,72	M D			2,90	D	2,67	mD
				1,65	M D			2,79	D	2,58	mF
				1,55	D			2,58	F	2,46	M
				1,49	F			2,47	M	2,39	D
								2,39	M	2,25	M
								2,25	D	2,19	D
								2,20	D	2,13	M
								2,13	M	2,01	D
								2,01	M	1,97	D
								1,69	D	1,71	D
								1,62	D	1,65	D
								1,50	F	1,56	D
										1,50	F

m F = Muy fuerte. F = Fuerte. M F = Media a fuerte. M = Media. M D = Media a débil. D = Débil, m D = Muy débil.

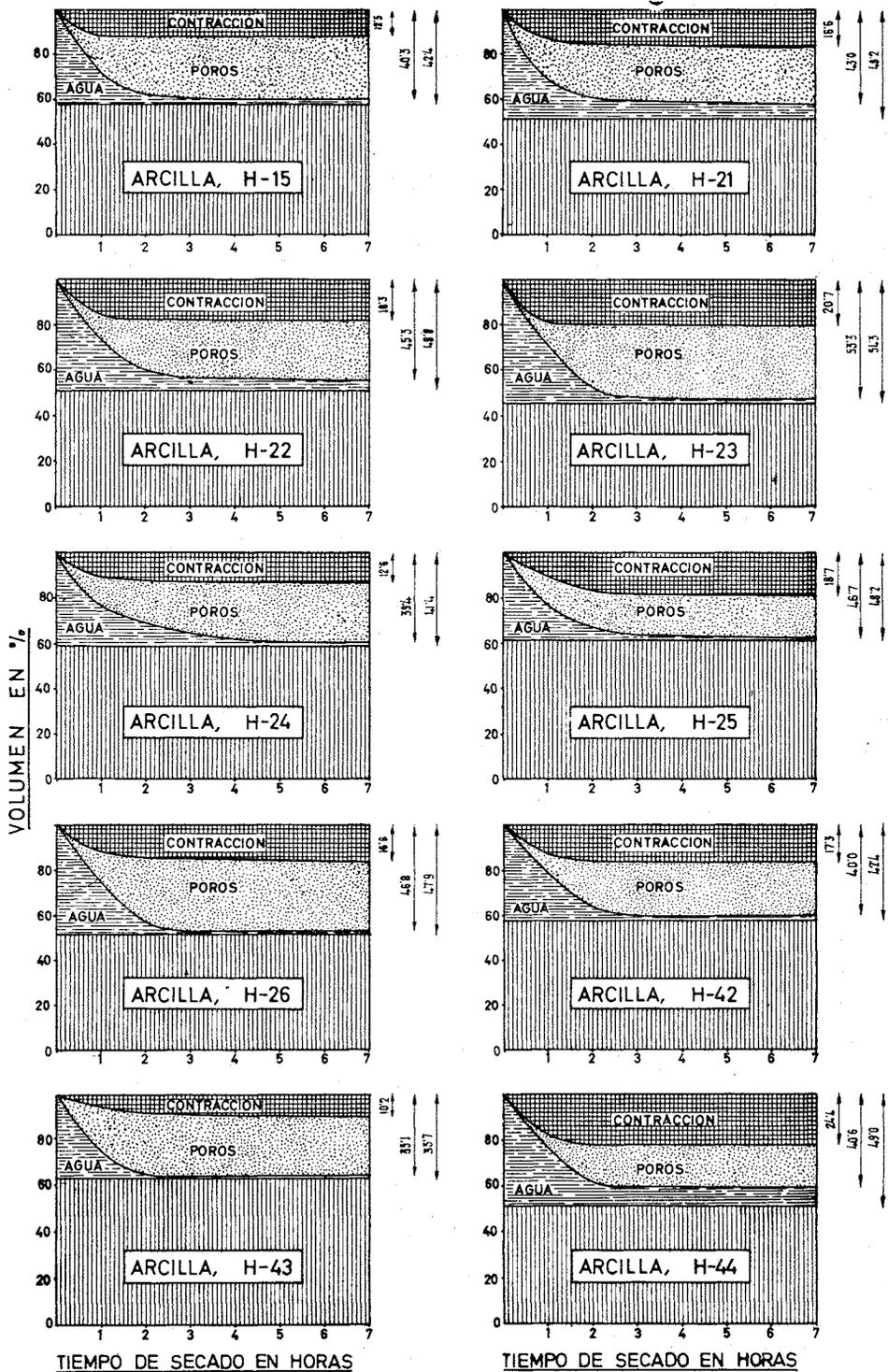


Fig 11.—Diagramas de secado a 50°C de las muestras H-15 a la H-44.

(micas e ilitas), cuarzo libre como mineral accesorio y un contenido variable en óxidos hidratados de hierro y aluminio. En casi todas las muestras aparecen cantidades apenas apreciables de minerales con espaciado a 14 Å (montmorillonita y posiblemente cloritas).

Mayor proporción de ilita se encuentra en un grupo de muestras procedentes de sedimentos sobre pizarras alteradas de El Andévalo (muestras 1, 2, 25, 26, 42, 43, 44 y 45) y en las que proceden de arrastres de materiales ígneos sobre terrenos suavemente ondulados de naturaleza sedimentaria en la región de Arro-yomolinos y Cala (muestras 21, 22, 23 y 24). La caolinita sigue estando presente y la participación de minerales montmorilloníticos se intensifica. Los geles y óxidos de hierro y aluminio diversamente hidratados se encuentran mejor representados que en el grupo primero.

Sólo en alguna muestra (2, 4, 26), se observa cierta cantidad de carbonatos, que achacamos a la presencia, en las proximidades del yacimiento, de algunos sedimentos calizos (rañas), muy escasos en la región.

### 3. ENSAYOS TÉCNICOS.

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

#### a) *Análisis mecánico.*

Las muestras brutas procedentes de terrenos ígneos de Sierra Morena son de textura areno-arcillosa en su mayor parte, con gran predominio de la fracción arena, en tanto que las procedentes de la alteración de pizarras de Sierra Morena y El Andévalo presentan textura arcillo-limosa o arcillo-arenosa. La humedad varía en estas muestras, oscilando entre 1,60 % (tierra blanca de San Telmo) y 6,90 % (barro flojo de S. Bartolomé). De acuerdo con su origen geológico, estas muestras, en general, están exentas de carbonatos.

#### b) *Plasticidad.*

De acuerdo con su textura predominantemente arenosa, el agua de moldeo de estas arcillas es baja, igual que su plasticidad. Destacan como más plásticas las muestras H-1 (tierra blanca de S. Telmo), H-2 y H-25 (tierra blanca de Santa Bárbara), H-5 (barro de alfarería artística de Cortegana), H-10 (barro de la cerámica artística de Aracena) y algún otro. En nueve muestras el índice de Riecke varía entre 5 y 10; en seis no se alcanza el valor 5 y en el resto es superior a 10.

TABLA VIII

ENSAYOS TECNOLÓGICOS DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. TERRENOS ÍGNEOS Y PRIMARIOS

ENSAYOS	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	H-7	H-8	H-9	H-10	H-15
<i>Análisis mecánico.</i>											
% de humedad. ...	1,60	3,50	3,30	2,30	3,60	1,60	3,70	2,90	2,60	3,10	3,30
% de arena gruesa .	2,70	6,20	24,80	44,20	9,10	37,30	15,40	16,80	37,30	5,30	12,70
% de arena fina ...	16,20	47,70	29,60	26,10	27,40	31,10	26,70	30,80	20,90	21,10	32,10
% de limo ... ..	33,40	15,40	16,50	13,60	23,50	11,20	24,70	20,60	20,80	29,80	20,40
% de arcilla ... ..	48,20	29,60	28,30	15,90	38,20	19,10	32,40	31,40	20,40	42,70	32,60
% de carbonatos ...	0,00	12,75	0,00	3,30	0,65	0,60	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
<i>Agua de desleimiento.</i>											
c. c. de agua/100 gr. de muestra ... ..	37	31	26	22	30	28	35	28	31	36	23
% de agua en mues- tra seca a 100°C .	27	23,6	21,4	18,0	23,1	21,8	25,9	21,8	23,6	26,4	18,7
<i>Plasticidad.</i>											
Límite de adherencia	34,35	28,12	26,20	23,40	28,12	29,67	33,86	29,75	31,68	43,78	29,45
Límite de arrolla- miento ... ..	20,19	18,00	17,27	21,08	17,14	28,80	22,75	26,85	30,46	31,55	15,55
Índice de Riecke ...	14,16	10,12	8,93	2,32	10,98	0,87	11,11	2,90	1,22	12,23	13,90
Resistencia a la com- presión: Kg/cm <sup>2</sup> . (Probeta dalcinada 900°.)	390 (950°) 1444 (1100°)	267	152	49 (900°) 545 (1100°)	480	154	579	249	323	422	127
Peso específico, pro- beta cocida a 900° (gr/cm <sup>3</sup> ) ... ..	2,09	1,73	2,19	2,14	2,29	2,05	1,89	2,01	1,90	1,89	2,09
% de pérdida de peso por calcinación a 900°, referida a la probeta seca a 110°	6,4	16,4	5,2	4,5	7,8	4,0	5,8	7,6	5,2	9,5	5,3
Porosidad % Probeta seca a 50° ... ..	29	27	26	28	24	33	32	30	35	30	28

TABLA IX

ENSAYOS TECNOLÓGICOS DE LAS ARCILLAS CERÁMICAS DE HUELVA. TERRENOS ÍGNEOS Y PRIMARIOS. (Conclusión.)

ENSAYOS	H-21	H-22	H-23	H-24	H-25	H-26	H-42	H-43	H-44	H-45	H-46
<i>Análisis mecánico.</i>											
% de humedad ... ..	6,50	4,40	2,90	2,90	2,30	2,00	3,50	6,90	3,80	2,80	2,20
% de arena gruesa ...	29,60	18,90	13,40	34,10	0,88	4,50	19,70	23,90	18,40	14,70	19,10
% de arena fina ... ..	30,80	27,50	24,90	27,10	1,40	2,50	14,70	16,30	10,70	5,80	4,60
% de limo ... ..	17,40	28,40	15,50	13,80	40,70	40,20	25,70	30,80	30,90	36,60	46,70
% de arcilla ... ..	23,80	23,90	45,10	23,50	56,30	51,90	38,20	29,70	39,40	43,20	28,50
% de carbonatos ... ..	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Agua de desleimiento.</i>											
c. c. de agua/100 gr. de muestra . . . . .	34	29,50	30	24	31	28	20	19	24	26	26
% de agua en muestra seca a 100°C ... ..	25,3	22,7	23,1	19,3	23,6	21,8	16,6	15,9	19,3	21,4	21,4
<i>Plasticidad.</i>											
Límite de adherencia.	31,87	31,74	36,19	26,81	35,71	32,32	22,60	19,04	24,86	24,87	25,12
Límite de arrollamien- to ... ..	25,88	24,03	26,13	17,72	23,62	24,17	15,34	15,74	14,37	19,41	20,48
Índice de Riecke ... ..	5,99	7,71	10,06	9,09	12,09	8,15	7,26	3,30	10,49	5,46	4,64
Resistencia a la com- presión: Kg/cm <sup>2</sup> . . . . (Probeta calcinada, 900°)	123	195	155	59	213 (900°) 952 (1100°)	306	383	112	534	223	113
Peso específico, probeta cocida a 900° (gr/cm <sup>3</sup> ) ... ..	2,05	2,10	2,10	2,06	2,07	2,04	2,15	2,05	2,20	2,00	1,90
% pérdida de peso por calcificación a 900°, referida a la probeta seca a 110° C ... ..	7,7	6,4	6,9	5,0	5,6	5,8	4,4	3,7	5,6	5,6	5,8
Porosidad %, Probeta seca a 50° ... ..	27	27	33	27	28	30	23	25	16	28	40

c) *Desecación.*

La contracción por secado a 50°C en las muestras que se comentan, es mediana (valores muy bajos en las 2, 6, 9, 43 y 46), alcanzando volumen constante en las tres primeras horas.

La porosidad es alta y muy semejante en la casi totalidad de las muestras, de acuerdo con su textura fuertemente arenosa, con valores del 27 al 35 % en quince muestras.

d) *Contracción por calcinación.*

La construcción de volumen por efecto de la calcinación a 900°C es pequeña (inferior al 5 %). Dos muestras (4 y 25), calentadas a 1.100°C experimentaron una fuerte contracción por sinterización (sólo en estas muestras se realizó el calentamiento a 1.100°C).

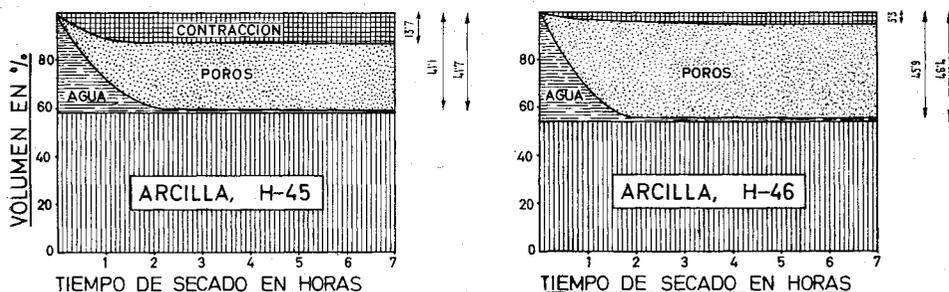


FIG. 12.—*Diagramas de secado a 50°C de las muestras H-45 y H-46.*

La pérdida de peso es media o baja, oscilando entre el 4 y el 9 %. El peso específico aparente del producto cocido varía entre 1,73 gr./cm<sup>3</sup> y 2,29 gr./cm<sup>3</sup>. Los valores más frecuentes oscilan entre 2,00 gr./cm<sup>3</sup> y 2,10 gr./cm<sup>3</sup>.

La coloración, por efecto de la cocción a 900°C, varía desde el blanco (H-1), hasta el rojo ladrillo oscuro (muestras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 21, 22, 23 y 24). Las muestras sobre pizarras (25, 26, 42, 43, 44, 45 y 46), presentan un color ladrillo muy claro y la H-2 destaca por su color blanco amarillento.

La superficie del material cocido es uniforme, sin grietas, y resiste a la acción de los agentes atmosféricos. No hemos observado efloroscencias ni moteado producido por incrustaciones de caliza (caliche).

e) *Resistencia mecánica.*

Las medidas de resistencia a la compresión realizadas en las probetas calcinadas dieron valores altos en la mayor parte de ellas. Ocho muestras sobrepasan el valor de 300 Kg./cm<sup>2</sup>, otras ocho oscilan entre 150 y 300 Kg./cm<sup>2</sup> y el resto se mantiene por encima de los 100 Kg./cm<sup>2</sup>. Sólo dos (4 y 24) no superaron los 60 Kg./cm<sup>2</sup>.

Las probetas de las muestras 1, 4 y 25, que fueron sinterizadas a 1.100°C, alcanzan valores de 1.441 ; 545 y 952 Kg./cm<sup>2</sup>, respectivamente. Desde este punto de vista podemos considerarlos como materiales altamente resistentes.

**IV. Conclusiones.**

De las anteriores consideraciones puede resumirse que las arcillas de Sierra Morena y El Andévalo, en la provincia de Huelva, utilizadas hoy por la industria cerámica local, son de naturaleza fundamentalmente caolinítica, con ilita como segundo componente principal, por lo que son de interés para ser empleadas en usos cerámicos de valor comercial, si bien, por proceder de yacimientos de naturaleza ígnea o sedimentaria de mediana potencia, su explotación puede no ser útil para la gran industria.

El hecho de que algunos yacimientos y talleres alfareros como los de Aracena y Cortegana, que emplean arcillas de naturaleza haloisítica (H-5 y H-10), de fácil moldeo, plasticidad elevada, agradable aspecto y gran resistencia en la compresión del material calcinado, se encuentran en la ruta turística que enlaza Sevilla y Lisboa, permite una buena explotación para cerámica artística en talleres de artesanía. La tierra blanca de San Telmo (H-1) de naturaleza fundamentalmente caolinítica e ilitica, empleada exclusivamente en el enjalbegado de paredes, la cremos apta para un empleo más noble en cerámica.

*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.*

BIBLIOGRAFIA

1. GONZÁLEZ GARCÍA, F. y GARCÍA RAMOS, G., "Arcillas cerámicas de Andalucía: 1. Yacimientos de las vegas del Guadalquivir y Corbones, en la provincia de Sevilla", *Bol. Soc. Esp. Cerám.*, vol. 3, núm. 5, septiembre-octubre (1964), págs. 481-502.
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. MACKENZIE, "The differential thermal investigation of clays" (1957).
6. BROWN, G., "The X-Ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals", *Min. Soc. London* (1961).
7. RICH, C. I. y KUMZE, G. W., "Soil Clay Mineralogy". Symposium. Edit. por The University of North. Carolina Press (1964).
8. 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).
9. ALBAREDA, J. M., ALEIXANDRE, V. y SÁNCHEZ CALVO, M.<sup>a</sup> C., "Contribución al estudio de las rocas españolas del Silúrico", *An. Edaf. VIII* (1949), 673-702, y X 461-505 (1951)

