

Estudio y caracterización de algunas tierras para la fabricación de azulejos

VICENTE ALEIXANDRE FERRANDIS
Director (del Instituto de Cerámica y Vidrio
del Patronato "Juan de la Cierva").

JOSE M.^a FERNANDEZ NAVARRO
Colaborador del Instituto de Cerámica y
Vidrio del Patronato "Juan de la Cierva".

RESUMEN

Con fines de aplicación en la industria azulejera se estudian cinco arcillas procedentes de la región de Castellón de la Plana. Los métodos experimentales que se han utilizado para su identificación y estudio térmico han sido los siguientes: análisis químico, análisis térmico diferencial, rayos X, microscopio electrónico, microscopio de calefacción y dilatación térmica.

ZUSAMMENFASSUNG

Für Anwendungszwecke in der Wandplattenindustrie werden fünf Tonerden der spanischen Gegend von Castellón de la Plana untersucht. Die verwendeten experimentellen Methoden für ihre Identifizierung und thermische Untersuchung sind: chemische Analyse, D. T. A., Röntgenbeugung, Elektronmikroskop, Erhitzungsmikroskop und Messung der thermischen Ausdehnung.

I.—Introducción.

En el presente trabajo se estudian, desde el punto de vista de su identificación y de su comportamiento térmico, cinco muestras de arcilla procedentes de la región de Onda (Castellón de la Plana). Tales muestras del tipo de las que se vienen utilizando industrialmente en la fabricación de soportes para azulejos, son las denominadas tierra Roja, tierra de Rátiles, tierra de Sichar, tierra de Blanch y tierra de Forques.

Las técnicas experimentales empleadas son las que se describen a continuación.

II.—Métodos experimentales.

a) ANÁLISIS QUÍMICO.—Los análisis químicos se han realizado por el método de Jakob (1) y sus resultados se exponen en la Tabla I.

b) ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL.—Este ensayo se hizo directamente sobre las muestras naturales y sobre las muestras preparadas destruyendo la materia orgánica con agua oxigenada de 20 volúmenes y por tratamiento posterior con ácido acético. En todos los casos los análisis térmicos diferenciales se realizaron en bloque de níquel y con un régimen de calentamiento de 12°/min. siguiendo el método descrito por Alexandre (2). Las curvas así obtenidas están representadas en la fig. 1.

c) ANÁLISIS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X.—Los análisis roentgenográficos, cuyos diagramas se reproducen en la figura 2, se efectuaron en un difractor Philips con radiación K de cobre y registro gráfico, bajo unas condiciones de trabajo de 40 KV y 20 mA. Los diagramas de difracción obtenidos corresponden a las muestras naturales y a las mismas muestras calentadas a 500° C durante cuatro horas, para destruir los productos caolíníticos que pudieran estar presentes. Los resultados se han reunido en la Tabla II, junto a los datos de los diagramas patrones de caolinita, ilita, cuarzo y calcita, a fin de facilitar la comparación de las muestras estudiadas, con estos minerales.

d) OBSERVACIÓN CON EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO.—Para la preparación de las muestras se ha seguido el procedimiento descrito por Alexandre y González Peña (4). Las fotografías obtenidas de cada muestra, por el método directo, se recogen en las figs. 3-7.

e) OBSERVACIONES CON EL MICROSCOPIO DE CALEFACCIÓN.—Las probetas para este ensayo se prepararon a partir de las muestras naturales, previamente molidas y tamizadas por un tamiz n.º 270 B. S. a un tamaño de polvo < 270 μ . Por prensado en seco se confeccionan probetas cilíndricas de 2 mm. de diámetro y 3 mm. de altura.

La cocción se llevó a cabo en atmósfera ordinaria sobre bandejitas portamuestras de alúmina sinterizada, utilizando el fotomicroscopio II-A-P de la casa Leita y siguiendo en todos los ensayos un régimen de calentamiento uniforme de 7° C/min. Durante la cocción de cada muestra se obtuvieron fotografías correspondientes a los momentos más singulares del proceso. Estas fotografías se presentan en la fig. 8, y en la Tabla III se agrupan las temperaturas de máxima contracción, de reblandecimiento y de fusión.

f) CURVAS DE DILATACIÓN.—Con las distintas tierras se prepararon por extrusión barritas de 50 mm. de longitud y 5 mm. de diámetro, de las cuales en crudo se obtuvieron en un dilatómetro diferencial "Leitz", bajo una velocidad de calentamiento de 4° C/min., las correspondientes curvas de dilatación-contracción que aparecen en la fig. 9.

De las mismas tierras se prepararon por prensado barras prismáticas de 60 mm. de longitud que se cocieron a 900° C durante dos horas en un horno eléctrico. Estas probetas recocidas sirvieron para la determinación de sus dilataciones absolutas utilizando a este fin un dilatómetro de tubo de cuarzo fundido "Elektrovärmeinstitutet" siguiendo un régimen de calentamiento de 9° C/min. Las curvas de dilatación obtenidas representando el aumento de la longitud en μ /cm. frente a la temperatura en °C aparecen en la fig. 10. En la Tabla IV se resumen los coeficientes de dilatación calculados a diversos intervalos de temperatura.

III.—Discusión de los resultados.

De la observación de los resultados del análisis químico llama la atención en primer lugar la elevada pérdida que sufren por calcinación, especialmente las cuatro últimas tierras, lo que, unido a su alto contenido de CaO, hace pensar en la presencia de carbonato cálcico.

En cuanto a la proporción de óxido de magnesio, resulta del mismo orden que la que suelen presentar los materiales ílticos o montmorilloníticos, mientras que el porcentaje de Al_2O_3 es inferior al que corresponde a estos minerales. El contenido de Fe_2O_3 , que oscila entre 1,26 y 4,25 %, bastante menor que el que

TABLA I
Análisis químico

TIERRAS	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Pérdida calcinación %	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
	%	%	%	%	%	%	%	%		R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Roja	78,44	0,85	8,65	1,70	1,44	0,13	2,08	1,71	4,64	7,58	9,07	46,14
Ratiles	40,46	1,10	13,49	1,26	16,68	1,23	1,69	4,31	18,66	2,74	3,00	32,11
Sichar	33,82	1,13	16,37	2,55	20,58	0,85	0,18	3,18	20,38	1,79	2,07	13,26
Blanch... ..	16,18	0,55	6,83	2,30	39,28	0,63	1,78	1,01	33,12	1,77	2,37	7,03
Forques.. ...	30,90	0,74	9,04	4,25	25,04	1,12	2,07	1,92	23,30	2,32	3,42	7,27

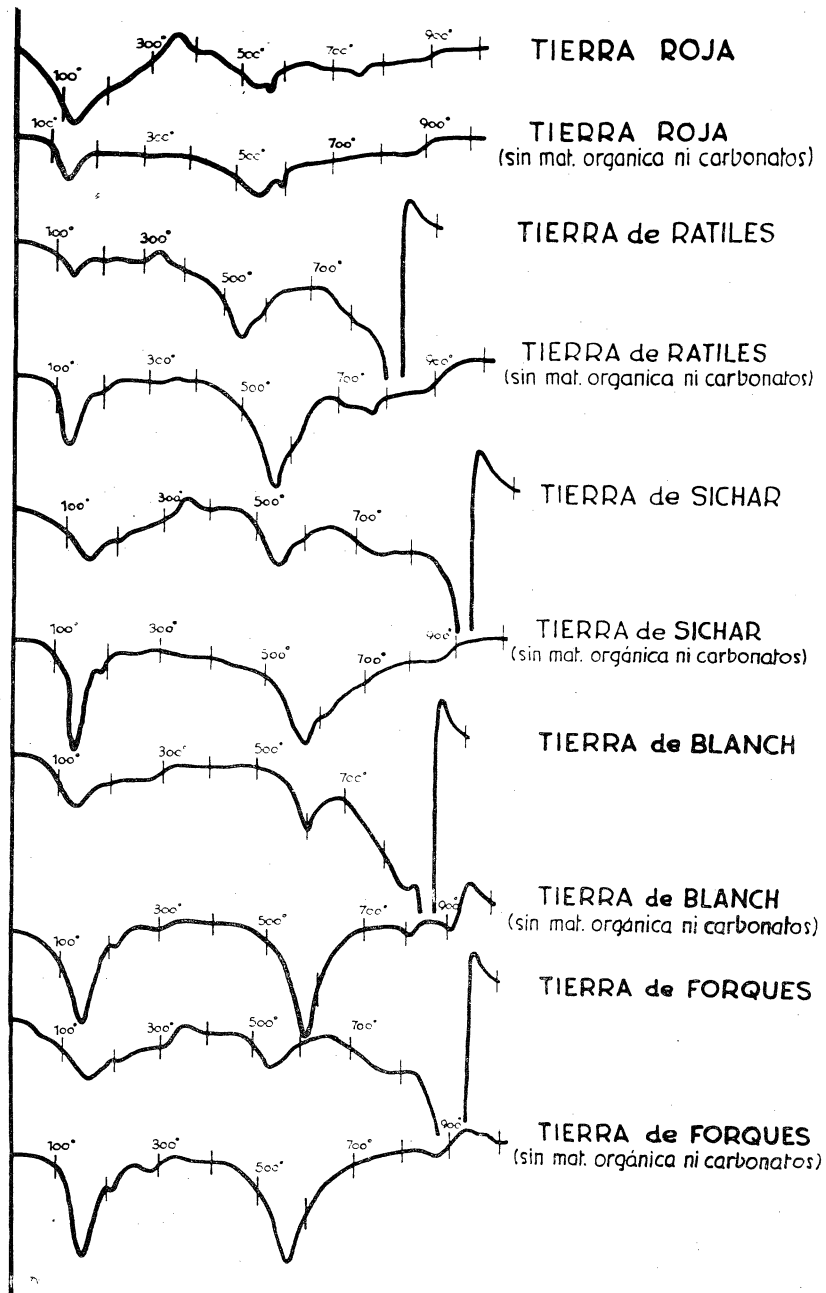


FIG. 1.—Curvas de análisis térmico diferencial.

normalmente se da en los minerales del grupo de la montmorillonita, cae dentro del orden del que presentan los de la ilita.

La relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ es alta en las cinco tierras estudiadas y más elevada que la que correspondería a arcillas de tipo caolinítico.

La proporción de SiO_2 es algo inferior a la ordinaria, excepto en la tierra Roja en que con un 78,44 % alcanza un valor excesivamente elevado. Ello puede deberse a la existencia de sílice libre, lo que viene confirmado también por los valores altos que en esta muestra alcanzan las relaciones $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$.

La probable presencia de cuarzo libre en la tierra Roja, así como la no menos probable de carbonato cálcico en gran proporción en las otras cuatro tierras, enmascara la verdadera naturaleza de las muestras y desvirtúa los datos analíticos, restando significación a este método de identificación.

Su insuficiencia nos ha llevado a considerar con más atención los datos deducidos del análisis térmico diferencial.

Todas las curvas obtenidas a partir de las muestras naturales, a excepción de la correspondiente a la tierra Roja, presentan una reacción endotérmica muy pronunciada, cuyo máximo corresponde a una temperatura ligeramente superior a los 900° C. Este efecto se debe con toda certeza a la presencia de carbonato cálcico, ya previsto a partir de los datos de los análisis químicos. Después del tratamiento a que se sometieron las mismas muestras para eliminar la materia orgánica y los carbonatos, desapareció el mencionado efecto junto con otro exotérmico que aparecía alrededor de los 950° C, atribuible a la presencia de materia orgánica.

En las curvas correspondientes a las muestras así tratadas aparece siempre claramente un efecto endotérmico entre 125° y 150° C, junto con otro del mismo signo y algo más acentuado a unos 575° C, que permite asignarlas un carácter ilitico. El tercer efecto endotérmico característico de las ilitas que, más débil que los dos anteriores, aparece entre los 800° y 900° C, seguido de otro pequeño exotérmico, se insinúa ligeramente en las tierras de Sichar, Blanch y Forques, y apenas se manifiesta en la tierra Roja y en la de Ratiles. La reacción exotérmica que le sigue se acusa suavemente en todas ellas.

El hecho de que entre 600° y 700° C no se observen reacciones exotérmicas nos indica la ausencia de minerales del grupo de la montmorillonita. Asimismo tampoco cabe esperar la presencia de minerales caoliníticos, por lo menos en cantidad apreciable, al no aparecer a 950° C el pico exotérmico característico de la caolinita.

Entre los 200° y 300° C se insinúan en todas las curvas, hecha excepción de la correspondiente a la tierra Roja, algunos ligeros efectos endotérmicos, probablemente debidos a la existencia de geles de hierro.

T.

Datos de di

TIERRA ROJA		TIERRA DE RATILES		TIERRA DE SICHAR		TIERRA
Natural d \bar{A} I/I ₀	500° C d \bar{A} I/I ₀	Natural d \bar{A} I/I ₀	500° C d \bar{A} I/I ₀	Natural d \bar{A} I/I ₀	500° C d \bar{A} I/I ₀	Natural d \bar{A} I/I ₀
—	—	14,2 5	—	13,2 5	—	—
9,92 4	9,86 5	10,04 21	9,93 25	10,04 16	9,93 17	10,0 26
—	—	7,13 13	—	7,19 12	—	7,19 13
—	6,41 5	—	—	—	—	—
4,98 3	—	4,99 11	4,95 11	4,99 8	4,99 6	4,98 10
4,46 6	4,46 6	4,46 11	4,46 11	4,48 9	4,48 12	4,47 18
—	—	—	—	—	—	—
4,23 45	4,23 52	4,25 27	4,24 30	4,26 23	4,25 30	4,25 23
—	—	—	—	—	—	—
—	—	3,85 11	3,83 12	3,86 12	3,85 14	3,85 33
—	3,76 3	3,77 7	—	—	—	—
—	—	3,57 8	—	3,59 7	—	3,57 5
—	—	—	—	—	—	3,52 8
3,48 2	—	—	—	3,48 4	—	—
3,34 100	3,34 100	3,34 100	3,34 100	3,35 85	3,35 80	3,34 95
3,23 11	3,23 31	3,24 17	3,23 15	3,25 5	3,23 8	—
3,18 5	—	—	—	3,20 4	—	—
3,03 3	3,03 3	3,03 87	3,03 81	3,03 100	3,04 100	3,03 100
—	—	2,88 4	2,87 9	2,89 5	2,89 4	—
—	—	—	—	—	2,84 4	—
—	—	—	—	—	—	—
2,70 2	—	—	—	—	—	—
2,56 5	2,55 3	2,56 8	2,56 6	2,57 9	2,57 6	2,56 15
—	—	—	—	—	—	—
—	2,51 3	2,49 17	2,49 16	2,50 19	2,49 18	2,49 49
2,46 27	2,45 17	2,45 11	2,45 11	2,46 9	2,45 8	2,46 13
—	—	—	—	2,38 4	—	2,38 8
—	—	—	—	—	—	—
2,28 12	2,28 14	2,28 27	2,28 22	2,29 30	2,28 25	2,29 59
2,24 9	2,23 8	2,24 5	2,23 5	—	—	—
—	2,15 2	2,19 3	2,20 4	—	—	—
—	—	—	2,16 7	—	—	—
2,13 12	2,12 11	2,13 7	2,12 9	2,13 4	2,13 5	2,13 8
—	—	2,09 16	2,09 15	2,10 20	2,09 20	2,09 51
—	—	1,99 8	1,99 6	1,99 4	1,99 4	2,00 8
1,98 12	1,98 7	—	—	1,98 5	—	1,98 8
—	—	—	—	—	—	1,92 15
—	—	1,91 11	1,90 11	1,91 16	1,91 14	1,91 36
—	—	1,87 15	1,87 16	1,87 20	1,87 18	1,87 46
—	—	—	—	—	—	—
1,82 28	1,82 19	1,82 15	1,82 12	1,82 11	1,82 8	1,82 13
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
1,67 10	1,67 8	—	1,67 5	1,67 5	—	—
1,66 4	—	1,66 4	—	—	—	—
—	—	1,62 5	1,62 4	1,63 7	1,62 4	1,62 8
—	—	1,60 9	1,60 10	1,60 11	1,60 10	1,60 20
—	—	—	—	—	—	—
1,54 20	1,54 21	1,54 9	1,54 11	—	1,54 6	1,54 8
—	—	1,52 7	1,52 6	—	1,52 8	1,52 10
—	—	—	—	—	—	1,50 5
—	—	—	—	—	—	1,47 5
1,45 4	—	1,44 5	—	—	1,44 6	1,44 13
—	—	1,42 4	1,43 6	—	—	1,42 8
—	—	—	—	—	—	—
—	—	1,37 8	1,38 7	—	—	1,37 8
—	—	—	—	—	—	1,34 8

de rayos X

°C I/I _o	TIERRA DE FORQUES		Caolinita (3) dÅ I/I _o	Ilita (3) dÅ I/I _o	Cuarzo (3) dÅ I/I _o	Calcita (3) dÅ I/I _o
	Natural dÅ I/I _o	500° C dÅ I/I _o				
12 3	9,93 8	9,82 9	---	9,9 f	---	---
6 9	7,10 7 4,98 5 4,47 6	6,06 2 4,95 3 4,46 8	7,15 100 + 4,46 40 4,35 60	4,9 r 4,45 mf	---	---
9	4,26 17	4,23 10	4,17 60 4,12 30	4,28 d 4,10 d	4,26 70	---
15	3,85 16	3,83 14	3,84 40 3,73 20	3,87 r	---	3,84 60
6 49	3,56 4	---	3,57 100 +	3,64 rd	---	---
100	3,34 49	3,34 46	3,37 40	3,35 mf	3,35 100	---
6 20 22	3,20 2 3,03 100	3,03 100	3,14 20 3,09 20	3,09 rda	---	3,03 100
6	2,84 2	---	2,75 20	2,85 ra	---	---
20 22	2,56 6	2,56 4	2,55 80 2,52 40	2,56 mf	---	2,49 60
19 3	2,49 30 2,46 6	2,48 23 2,45 7	2,49 90	2,45 rd 2,39 r	2,45 30	---
16 19	2,28 29	2,28 28	2,37 70 2,33 100 2,28 90 2,24 10 2,18 30	2,24 rd	2,29 30 2,24 10	2,28 70
4 9	2,13 6 2,09 25 1,99 2	2,12 3 2,09 21 1,99 2	2,13 20 2,06 10 1,99 70	2,14 r 1,99 r	2,13 30	2,09 70
4 9	1,98 2 1,92 8 1,91 16	---	1,94 40 1,89 20 1,87 10	1,94 d	1,98 20	1,92 90 1,87 80
4 9	1,87 22 1,82 7	1,87 19 1,81 6	1,84 40 1,81 10 1,78 50 1,70 10 1,68 20 1,66 80 1,62 60	1,65 ra	1,81 80 1,67 30	1,62 40 1,60 50
3 7	1,62 5 1,60 11	1,62 6 1,60 11	1,58 40 1,54 50	---	1,54 60	---
4 9	1,54 2 1,52 6	1,54 4 1,52 7	1,49 90 1,46 20 1,45 40 1,43 40	1,50 f	---	1,52 60
4 9	1,44 7	---	---	---	1,45 10	1,47 40 1,44 50 1,42 40
4 9	---	1,43 8	---	---	1,41 10 1,38 70	---
4 9	---	---	---	1,34 rda	---	1,36 10 1,33 40

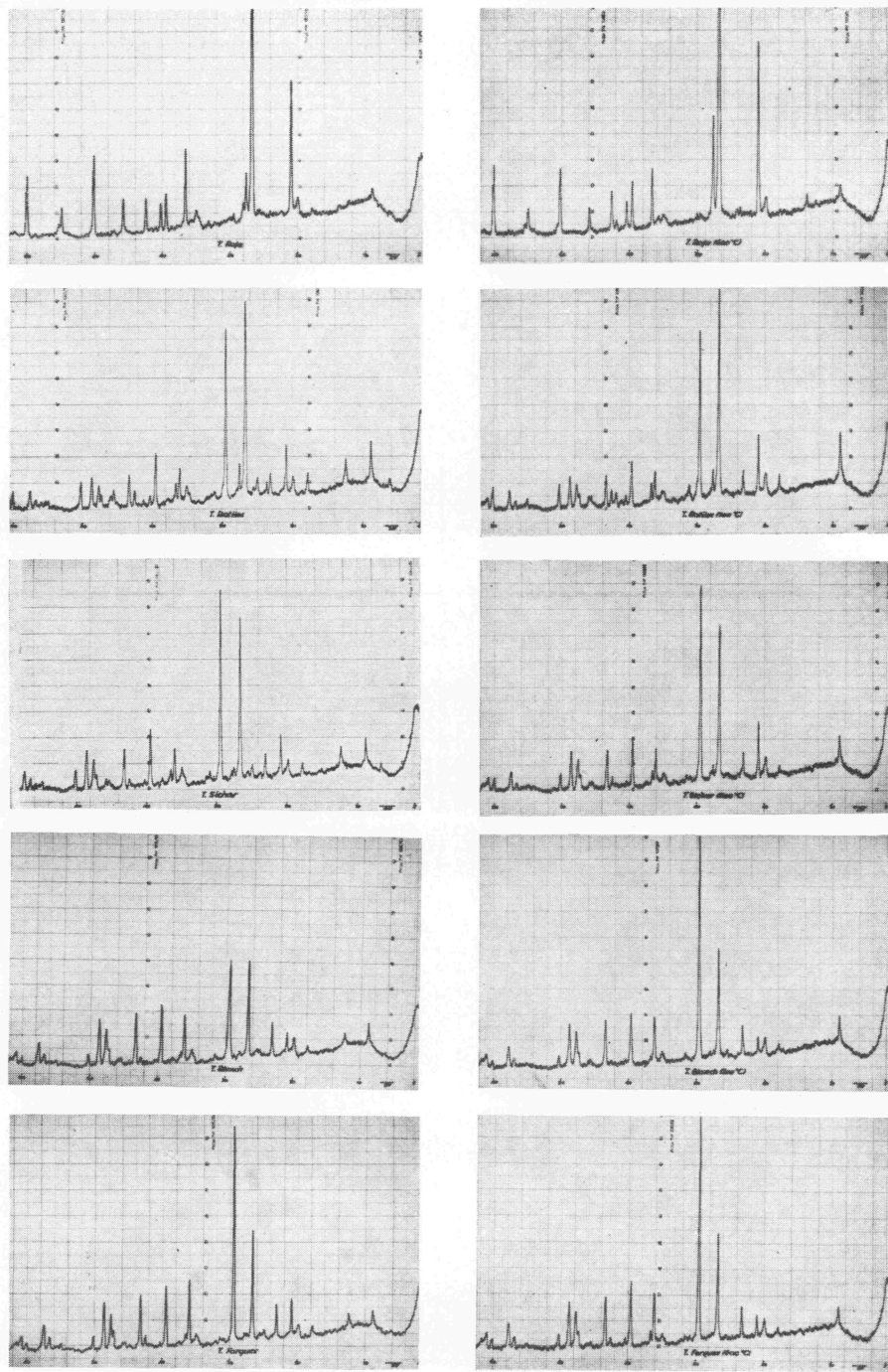


FIG. 2.—Diagramas de difracción de rayos X. Los del lado izquierdo corresponden a las muestras naturales, y los de la derecha a las mismas muestras después de calentadas a 500° C.

Las otras reacciones endotérmicas que se acusan suavemente en las tierras de Blanch y Forques, alrededor de los 900°C, y próximos a los 800° C en las de Blanch y Ratiles, pueden encontrar su explicación en la existencia de restos de la gran cantidad de carbonato cálcico o de dolomita que quedaran parcialmente sin acabar de destruirse en el tratamiento previo a que fueron sometidas las muestras.

La técnica que nos ha servido para completar los datos aportados por las otras dos anteriores, ha sido la de difracción de rayos X.

La naturaleza íltica de las cinco muestras estudiadas se confirma por la aparición de los espaciados característicos de la ilita a 9,9; 4,45; 3,35; 2,56 y 1,50 Å (3). Junto a éstas aparecen con la máxima intensidad en la tierra Roja y en la de Ratiles las líneas principales del diagrama del cuarzo (3) 4,26; 3,35 y 1,81, y con intensidad apreciable en las tres muestras restantes. En éstas, además de la existencia de cuarzo libre, se pone de manifiesto la gran cantidad de calcita que ya habían delatado el análisis químico y el térmico diferencial y que alcanza un carácter predominante al ser las intensidades de las líneas características del CaCO₃ (3,03; 2,28; 2,09; 1,92 y 1,87) las más altas observadas en sus diagramas. Ligeramente inferior es la cantidad de calcita detectable en la tierra de Ratiles y prácticamente nula en la tierra Roja.

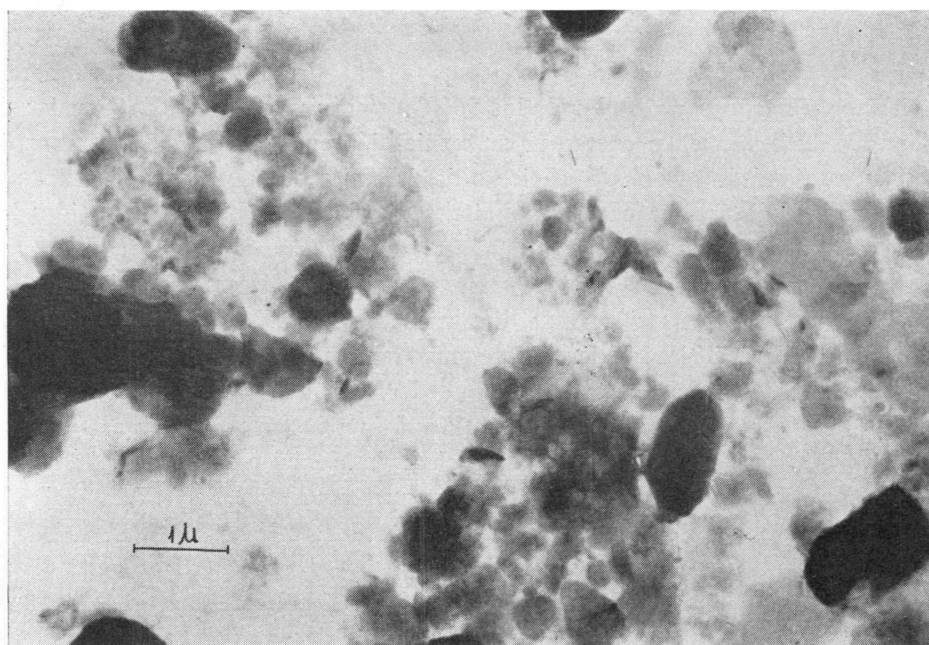
Hay que añadir que en todos los diagramas obtenidos a partir de las muestras naturales (salvo en la tierra Roja) se hacen visibles, aunque con débil intensidad, los espaciados principales de la caolinita, 7,15 y 3,57, que desaparecen después de calentadas las muestras a 500° C durante cuatro horas. Sin embargo, su intensidad es tan pequeña que apenas modifican la constitución mineralógica fundamentalmente íltica de las muestras.

Las observaciones efectuadas con el microscopio electrónico vienen a completar el conocimiento sobre la naturaleza de las muestras estudiadas. En las fotografías obtenidas de la tierra Roja se aprecia su carácter fundamentalmente íltico, y junto a los grandes cristales de mica pueden distinguirse algunos de clorita y de cuarzo.

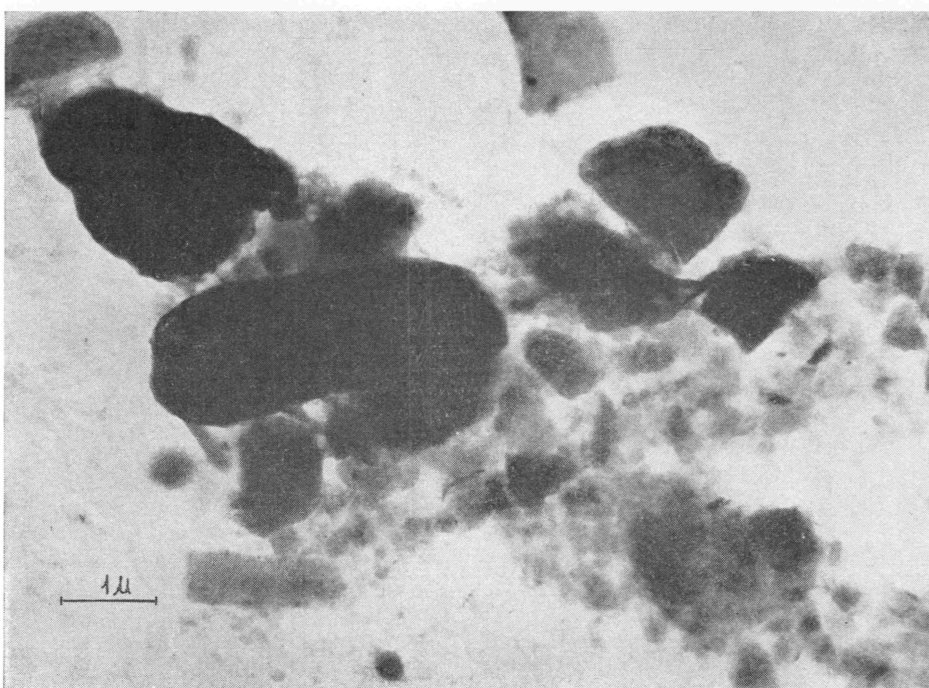
La fotografía reproducida de la tierra de Ratiles, muestra además la abundancia de cristales exagonales de caolinita.

La tierra de Sichar presenta una buena dispersión. Sus partículas, en general equidimensionales, poseen un bajo grado de cristalización y son tan finas que sus bordes quedan mal definidos; aparecen agrupadas en agregados de aspecto algodonoso típicos de la ilita. Junto a ellas se observan cristales cloríticos y otros de cuarzo.

Las fotografías correspondientes a la tierra de Blanch ponen de manifiesto que es igualmente la ilita el material predominante de esta muestra. Sus caracte-



a



b

FIG. 3.—Microfotografías electrónicas de la muestra Tierra Roja.

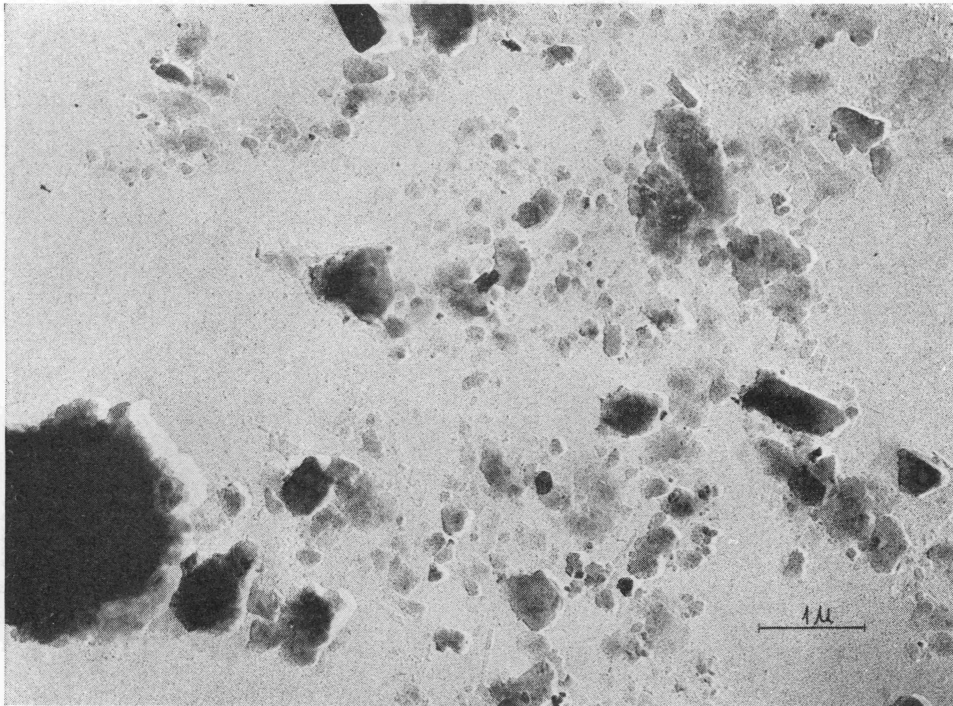


FIG. 4.—Microfotografía electrónica de la muestra Tierra de Rátiles.

terísticas son análogas a las que presenta la tierra de Sichar. Existen también algunos cristales grandes de cuarzo.

Por último, en la tierra de Forques se aprecian, junto a cristales de ilita, numerosas formas exagonales de caolinita, cuya perfección es un índice de la alta cristalinidad de este material. Existen además cristales que pueden ser de cuarzo y algunos aislados de forma tubular pertenecientes probablemente a haloisita.

En el estudio de las muestras mediante el microscopio de calefacción fue posible seguir visual y fotográficamente su comportamiento a lo largo de toda la cocción.

Así se ha determinado en todos los casos el punto de máxima contracción que, con una aproximación de $\pm 20^\circ \text{C}$, corresponde a la temperatura en que se alcanza el grado máximo de sinterización; el punto de reblandecimiento, con una precisión de $\pm 10^\circ \text{C}$, y el punto de semiesfera, que con un error de $\pm 3^\circ \text{C}$, es el convencionalmente establecido como punto de fusión.

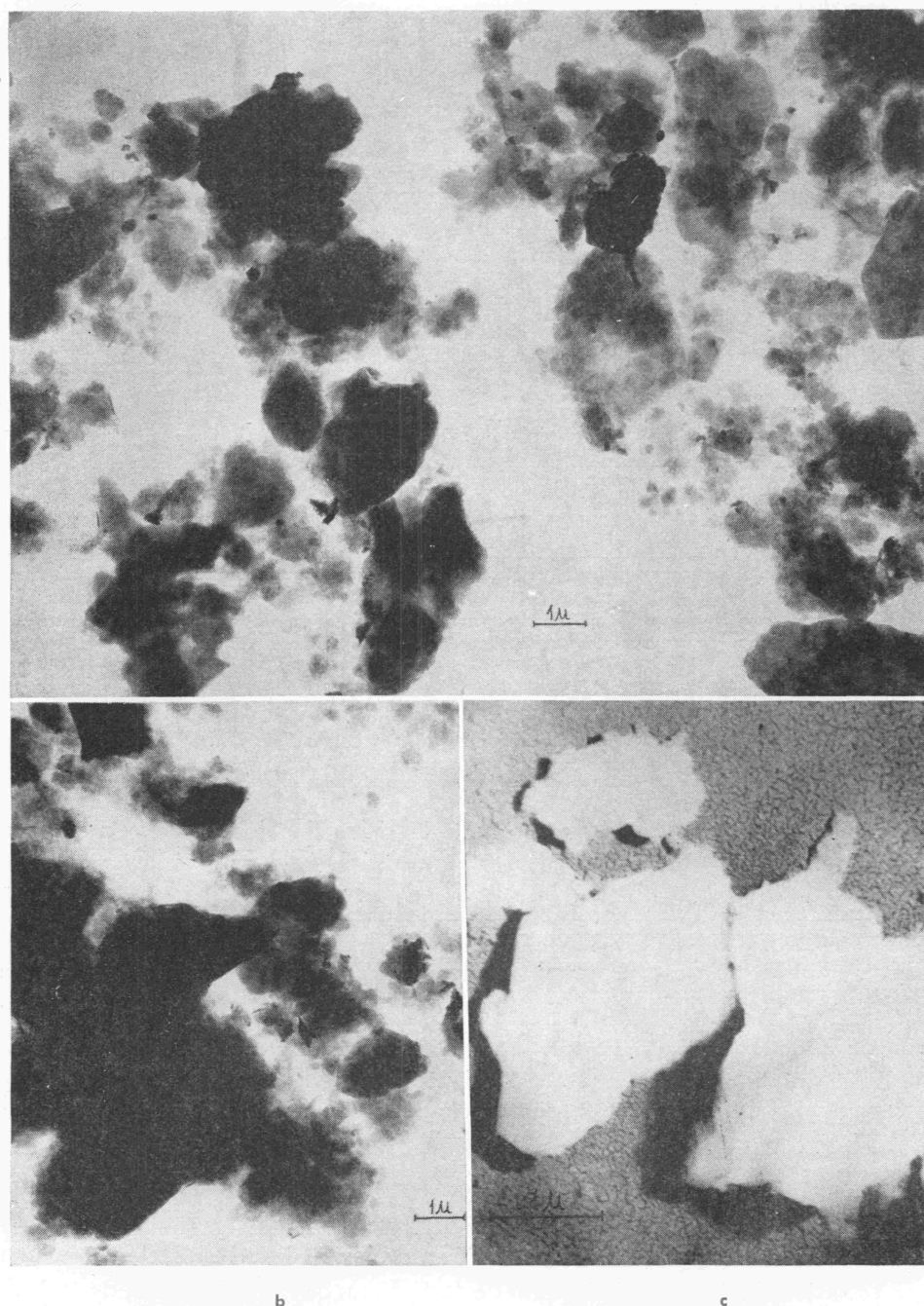
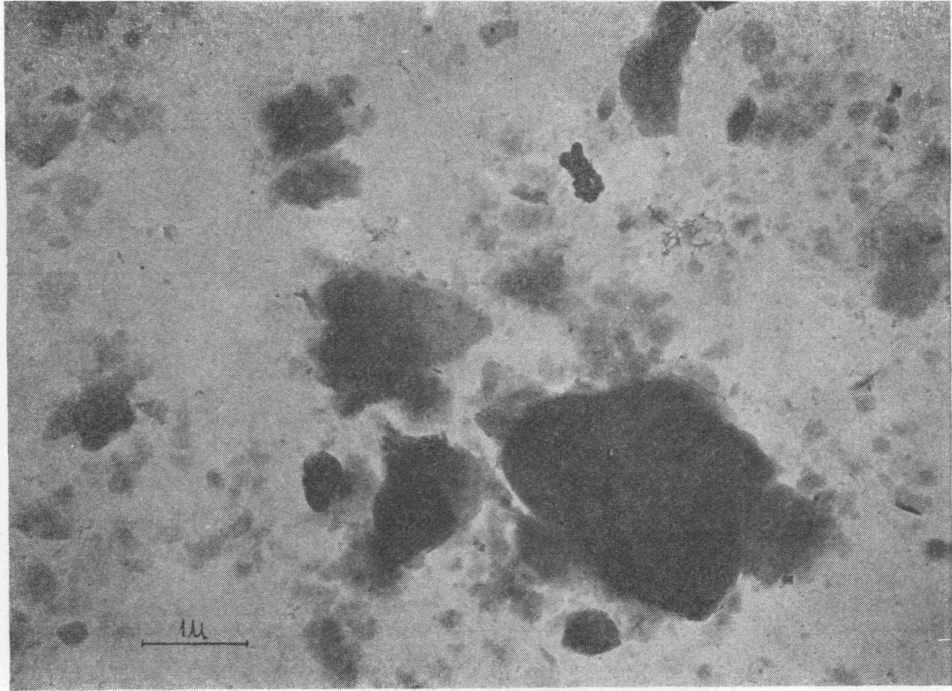
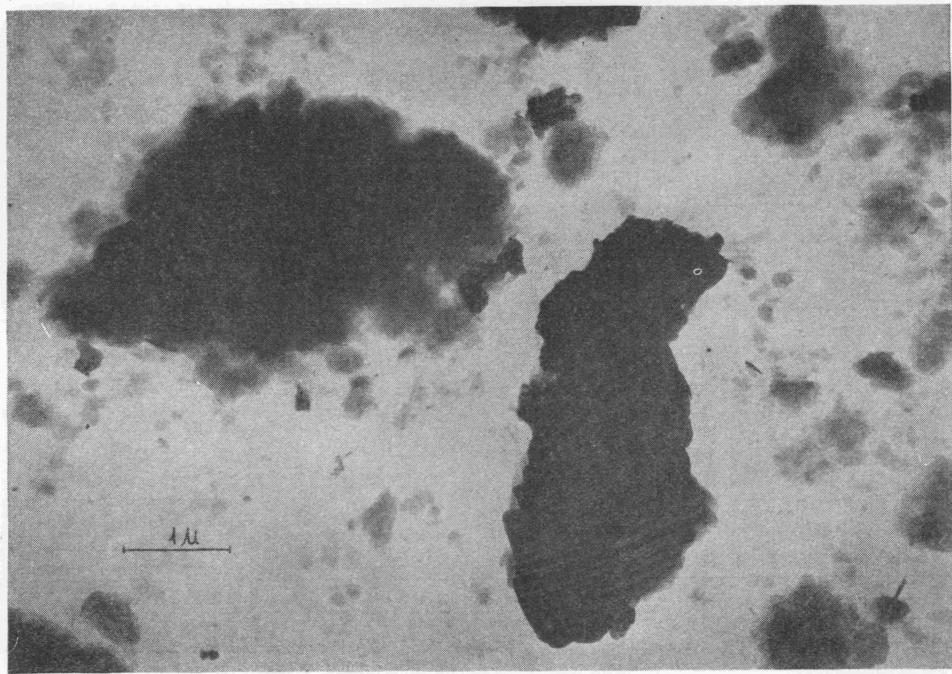


FIG. 5.—Microfotografías electrónicas de la muestra Tierra de Sicchar.



a



b

FIG. 6.—Microfotografías electrónicas de la muestra Tierra de Banch.

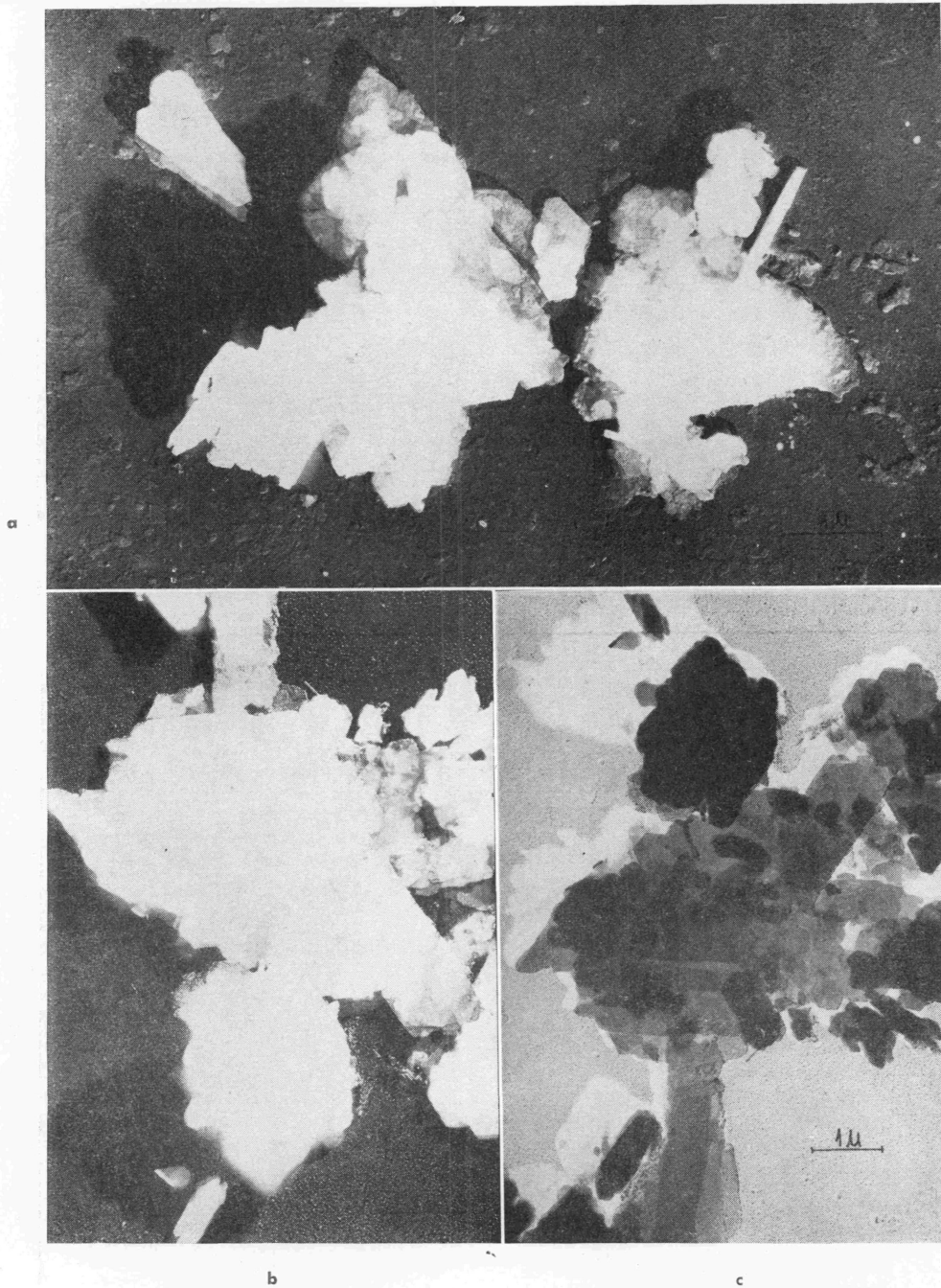


FIG. 7.—Microfotografías electrónicas de la muestra Tierra de Forques.

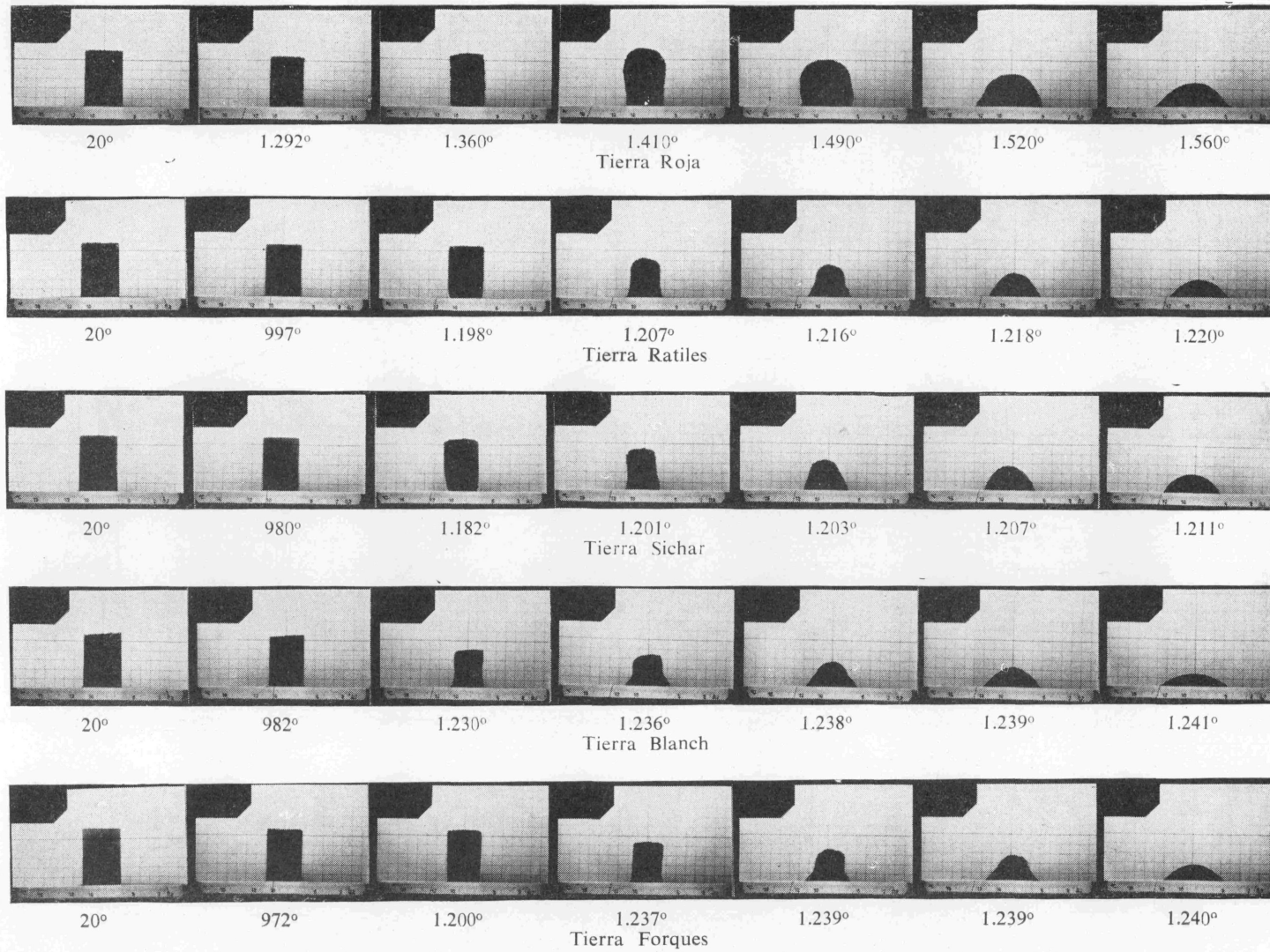


FIG. 8.—Fotografías obtenidas con el microscopio de calefacción.

TABLA III

TIERRA	Temperatura de máxima contracción (°C)	Temperatura de reblandecimiento (°C)	Temperatura de semiesfera (°C)
Roja	1.292	1.360	1.520
Ratiles	997	1.198	1.218
Sichar	980	1.182	1.207
Blanch	982	1.230	1.238
Forques	972	1.237	1.239

Los resultados obtenidos ponen de relieve una vez más la semejanza que, con excepción de la tierra Roja, existe entre las otras cuatro muestras estudiadas. Estas presentan un comportamiento regular en su cocción, alcanzan su má-

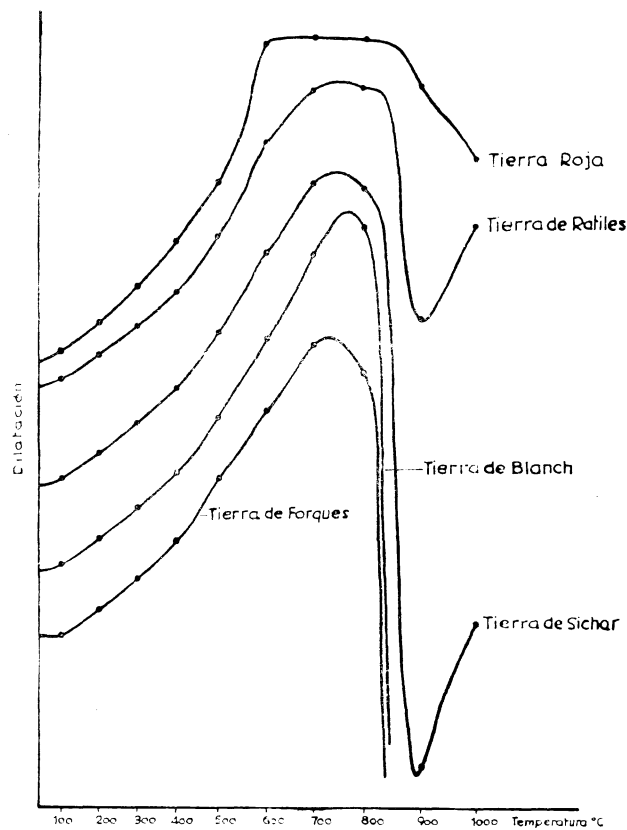


FIG. 9.—Curvas diferenciales de dilatación-contracción.

xima sinterización sin deformaciones apreciables entre los 972° y los 977° C y funden entre 1207° y 1239° C. No es por ello aconsejable, al cocerlas en atmósfera ordinaria, sobrepasar la temperatura de 950° C cuando se desee conseguir piezas de porosidad adecuada para ser empleadas como soportes de azulejos.

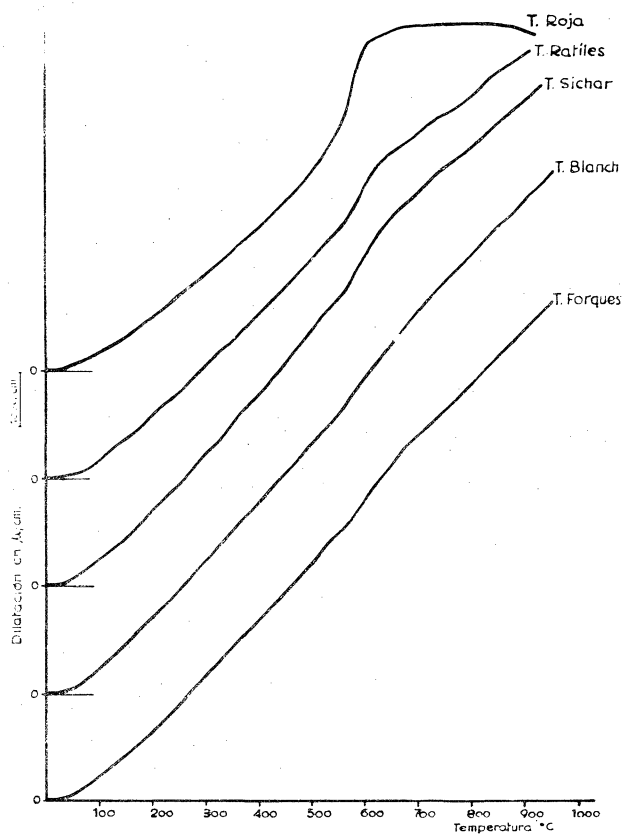


FIG. 10.—Curvas de dilatación térmica de las muestras previamente cocidas a 900° C.

La tierra Roja, debido sin duda al exceso de cuarzo libre que contiene, resulta bastante más refractaria que las muestras anteriores. No llega a sinterizar completamente hasta los 1292° C y funde a los 1520° C, después de sufrir en este intervalo de temperatura un notable hinchamiento y una deformación total.

Las curvas de dilatación-contracción (fig. 9) no añaden ningún dato nuevo a los ya expuestos y sólo vienen a confirmar el carácter íltico, repetidamente señalado, de estos materiales (6). Todas las curvas muestran una gran similitud.

Tras un tramo de dilatación más o menos uniforme, cuyo máximo se alcanza alrededor de los 800° C, tiene lugar una brusca caída, casi vertical, que señala una gran contracción. La curva correspondiente a la tierra Roja difiere ligeramente de las otras, mostrando aproximadamente a 570° C una dilatación brusca y a continuación un tramo horizontal en que la muestra no sufre variación dimensional alguna. Ambos efectos se explican por la influencia de la considerable cantidad de cuarzo libre presente, cuya transformación α - β a 573° C no podía dejarse de advertir.

Las otras curvas de dilatación obtenidas a partir de las muestras cocidas a 900° C (fig. 10) no se han construido con fines de identificación, sino con miras a las posibilidades de utilización de tales materiales como soportes de vidriados para la fabricación de azulejos. El coeficiente lineal de dilatación térmica más bajo corresponde a la tierra Roja que, entre 25° y 900° C, resulta ser de $7,08 \times 10^{-6}$. Los de las restantes muestras oscilan entre 8,75 en la tierra de Rátiles y $10,23 \times 10^{-6}$ en la de Blanch.

TABLA IV

Coefficientes de dilatación $\times 10^6$ cm. °C

TIERRA	25°-100°	25°-200°	25°-300°	25°-400°	25°-500°	25°-600°	25°-700°	25°-800°	25°-900°
Roja	3,81	5,35	6,12	6,69	7,47	9,99	9,28	8,12	7,08
Rátiles	4,28	6,46	7,44	7,90	8,33	9,02	9,24	8,91	8,75
Sichar	6,21	7,76	8,62	9,28	9,71	10,20	10,51	10,21	9,99
Blanch	5,48	7,93	8,69	9,22	9,56	9,95	10,23	10,26	10,23
Forques... ..	6,28	7,52	8,42	8,81	9,06	9,59	9,91	9,83	9,82

A partir de estas medidas nos parece en principio que pueden servir para tal aplicación, ya que sus valores son del mismo orden de magnitud que los coeficientes de los vidriados empleados normalmente en azulejería. No obstante, siempre será necesario estudiar en cada caso la posibilidad de ajuste entre los coeficientes de dilatación del vidriado y su soporte.

IV.—Conclusiones.

1.^a Las cinco muestras estudiadas son de naturaleza fundamentalmente ilítica. Este mineral aparece en todas ellas acompañado de cuarzo libre, cuya

proporción resulta especialmente elevada en la tierra Roja. En las otras cuatro existe también carbonato cálcico junto a una pequeña cantidad de caolinita.

2.^a La temperatura de sinterización, que es de 1290° C para la tierra Roja, varía en las demás muestras entre 970° y 1000° C, por lo que, en atmósfera ordinaria, no deben cocerse éstas por encima de 950-980° C a fin de conseguir una porosidad adecuada para soportes de azulejos.

3.^a Los coeficientes lineales de dilatación térmica de 25° a 900° C, están comprendidos entre $7,08 \times 10^{-6}$ para la tierra Roja y $10,23 \times 10^{-6}$ para la de Blanch.

Deseamos hacer constar nuestro agradecimiento a la doctora Sánchez Conde por su colaboración, así como a los doctores García Vicente y González Peña que obtuvieron respectivamente los diagramas de difracción de rayos X y las fotografías con el microscopio electrónico.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—JAKOB, J.: "Guía para el análisis químico de las rocas". Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1944.
- 2.—ALEIXANDRE, V.: "Análisis térmico diferencial de algunas arcillas y caolines españoles". An. Edaf. VIII. 33-58 (1949).
- 3.—BRINDLEY, G. W.: "X-ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals". The Mineralogical Society, Londres, 1951.
- 4.—ALEIXANDRE, V., y GONZÁLEZ PEÑA, J. M.: "Obtención de forsterita a partir de varias serpentinas españolas. II. Efectos de la adición de magnesita y diversos mineralizadores". Bol. Soc. Esp. Cerám., 2 [6], 425-444 (1963).
- 5.—MACKENZIE, R. C.: "The Differential Thermal Investigation of Clays". The Mineralogical Society, Londres, 1957.
- 6.—GRIM, R. E.: "Clay Mineralogy". Mc. Graw-Hill Book Company Inc. N. Y., 1953.



HARSHAW / POULENC / COIFFE S A

En el mundo
del color para

**CERAMICA
VIDRIERIA
MATERIAS
PLASTICAS**

**Pigmentos minerales
Colorantes cerámicos
Esmaltes cerámicos
Esmaltes para vidrio
Oros y platas líquidos, Lustres
Conos fusibles**

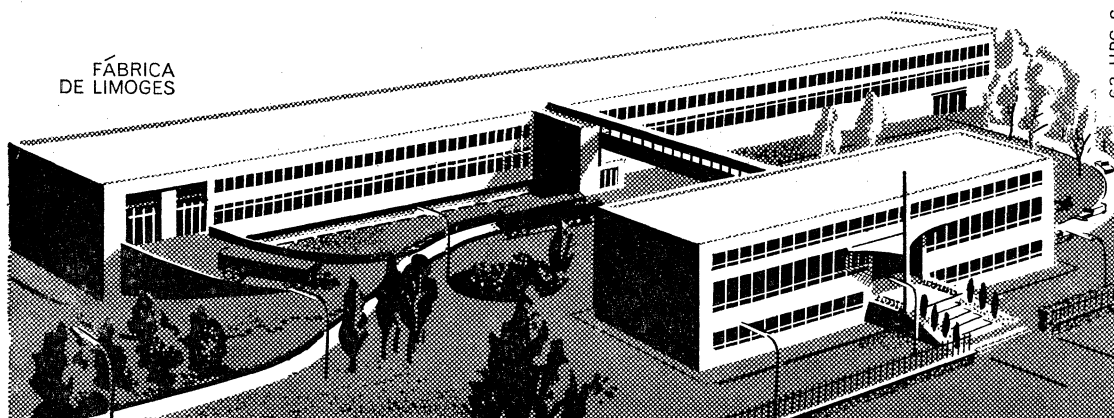
un nombre

Avenue J. F. Kennedy
LIMOGES
TELÉFONO 32-18-17
TELEX 58-925 LIMOGES
B. P. N° 208 LIMOGES

HPC

Representados por:

JAVIER COLL E HIJO
Córcega 269 - BARCELONA (8)
TELÉFONO 227-15-55
TELEGRAMAS JACOLL



FÁBRICA
DE LIMOGES