BASTIDA, J.; ESTEVE, V.; SANFELIU, T.

Terrers de Castelló. Arcillas miocénicas de la provincia de Castelló

«ESTUDIS CASTELLONENCS»
N.º 3, 1986, pp. 645-688

TERRES DE CASTELLÓ. ARCILLAS MIOCÉNICAS DE LA PROVINCIA DE CASTELLÓ

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una aportación desde el punto de vista de la Geología Aplicada, al conocimiento de algunos yacimientos de arcillas que vienen utilizándose en el sector azulejero de la provincia de Castellón; consideramos que el conocimiento de las características de afloramiento, además de su composición mineralógica y de su comportamiento físico-químico y tecnológico, contribuirá a su mejor aprovechamiento, tanto en las operaciones extractivas como en su utilización industrial.

Agradecemos a la Caja de Ahorros de Castellón, la ayuda concedida para la realización de este trabajo en el año 1980, fecha de elaboración de esta investigación.

1. OBJETO

Pretendemos estudiar las características petrográficas, técnicas y de afloramiento de unas arcillas. Efectuaremos primero unas consideraciones generales, sobre arcillas terciarias, para luego pasar a estudiar unos tipos en concreto.

Se efectuará un estudio detallado de los yacimientos de arcillas terciarias de la cuenca de Segorbe, que «grosso modo» se sitúan en el Mioceno.

En la provincia de Castellón se tienen tres yacimientos clásicos de arcillas, que han surtido de materiales a la industria azulejera (y también a las industrias ladrilleras y del cemento): los de la zona de Segorbe, los de la zona de Ribesalbes y los de la zona de Alcora (Mas Vell-El Charco-Sichar). Los dos primeros se localizan en series estratigráficas correspondientes al Mioceno; mientras que en el tercero, se tiene la parte alta de la serie, probablemente ya pliocénica o pliocuaternaria.

Existen otros yacimientos que presentan tipos de arcillas referibles a los existentes en las zonas señaladas.

De las arcillas de Araya se ha efectuado ya un estudio monográfico, posteriormente ampliado (BASTIDA, 1979-1980).

Por ello nos vamos a centrar en los yacimientos de la zona de Segorbe.

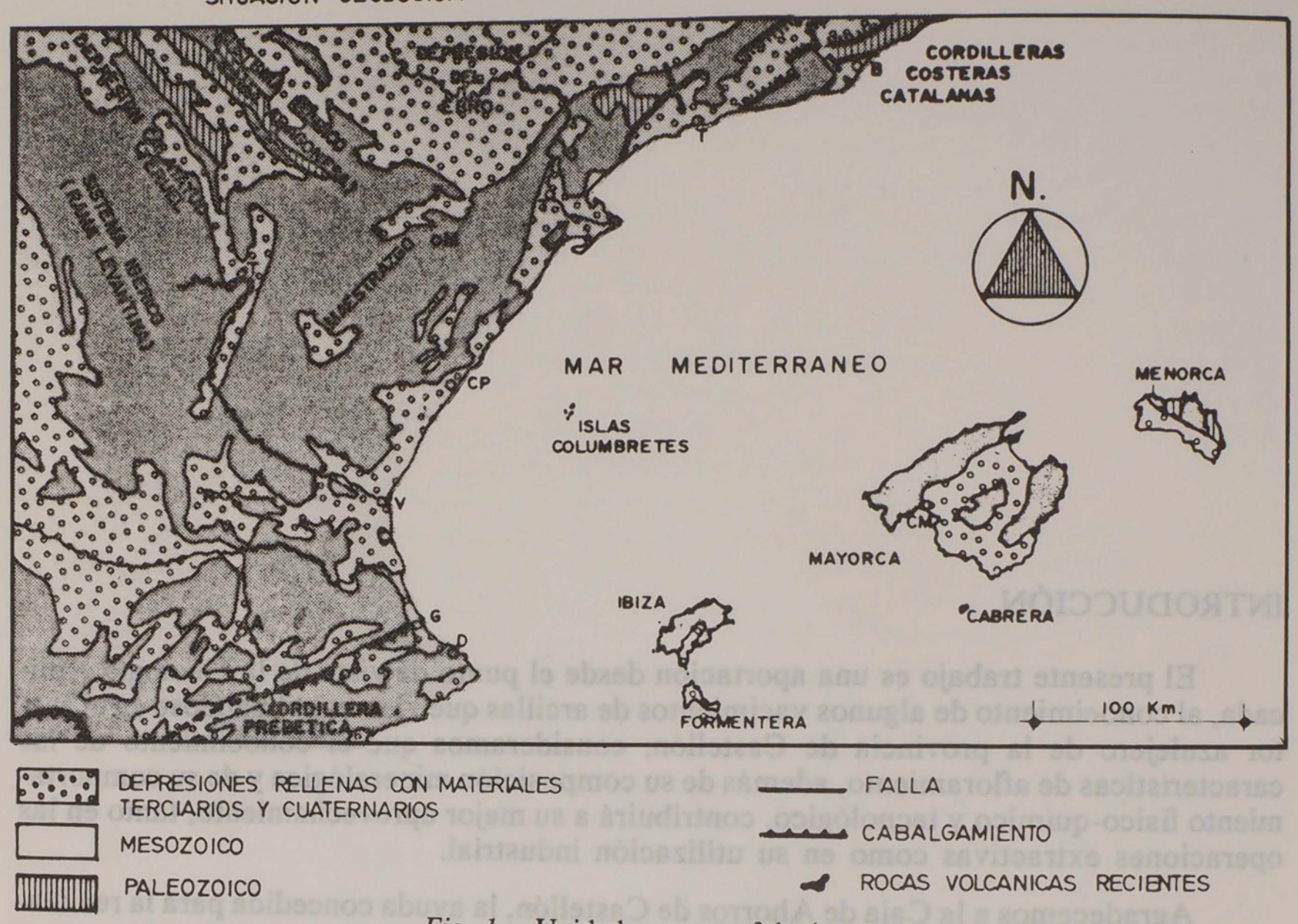


Fig. 1.—Unidades geomorfológicas.

2. CONSIDERACIONES ESTRATIGRÁFICAS SOBRE LAS SERIES TERCIARIAS EN LA PROVINCIA DE CASTELLÓN

Las series estratigráficas correspondientes al Terciario se localizan fundamentalmente en las que se han dado en llamar depresiones intermedias en el Sistema Costero (así, por ejemplo, Tirig-La Baraona, Cabanes-San Mateo, Alcalá de Chivert), depresión de Segorbe y depresión de Alcora, relacionada con la depresión de La Plana, y, finalmente, unas pequeñas depresiones en la Sierra de Gudar.

Desde un punto de vista estructural podemos distinguir dos grupos, las depresiones alargadas en dirección ibérica y alargadas según dirección catalana, a ellas se sobrepone la depresión Valencia-Castellón. Véase fig. 1 (extraída de RIBA y otros, 1979).

Corresponde al Paleógeno únicamente pueden señalarse las arcillas abigarradas de Fortanete; a muro del Oligoceno del alto valle del Servol se ha citado *Vidaliella gerundensis* (hoja núm. 545, del Mapa Geológico de España, 1:50. 000, Magna).

En el Mioceno se sitúa la formación conglomerática basal de Ribesalbes (CANEROT, 1974), constituida por 150 metros de conglomerados concordantes con el substrato cretácico; de cemento calcáreo, tamaño promedio de cantos descendiente hacia el techo y rodamiento creciente hacia el techo.

La formación conglomerática basal de Olocau se sitúa ya en el Mioceno (según la

hoja núm. 520 del MAGNA), por pasar mediante discordancias progresivas a materiales claramente miocenos de la depresión del Ebro.

Sobre la formación conglomerática basal de Ribesalbes, se tiene, en la depresión Alcora-Ribesalbes, un complejo constituido por arcillas, margas, calizas y areniscas, en el que se enclavan las explotaciones de la zona de Araya.

A techo de esta formación se tiene un conjunto compuesto de arcillas, areniscas y conglomerados, en el cual se sitúan los yacimientos de la zona de Mas Vell-El Charco-Sichar.

La serie finaliza en la depresión de Alcora con los conglomerados Torremundo.

Una serie equivalente a la de Alcora, a partir de su segundo tramo, puede describirse en la depresión de Cuevas de Vinroma. En las depresiones de dirección catalánide, se sobreponen series aluviales recogidas en la cartografía geológica existente como Mio-Plioceno: afloramientos de Olocau-Todolella, Monroyo, Rosell-San Mateo, Adzaneta, Els Ibarsos, Cuevas-Vall d'Alba-San Mateo, Alcalá de Chivert, Alcora, norte de Arañuel, embalses de María Cristina y Sichar-San Juan de Moró. Está constituida por conglomerados de matriz arcillosa-arenosa, localmente con brechas de cemento calcáreo y/o con caliches, y pudiendo tener caliches y/o travertinos sobrepuestos.

Finalmente, en las depresiones de dirección catalánide se señalan rellenos cuaternarios, así en las de San Rafael del Río, Vinaroz-Benicarló, Alcalá de Chivert-Santa Magdalena (conos de deyección de la Sierra de Irta), Alcocebre-Peñíscola (también conos de deyección de la Sierra de Irta), Oropesa-Alcocebre, Villafamés-Cuevas-Salsadella, Borriol-Pobla Tornesa y norte de la Sierra de Esparraguera.

3. LOS YACIMIENTOS DE ARCILLAS CERAMICAS DE LA DEPRESIÓN DE SEGORBE

1. *Situación geográfica.*

Los yacimientos a los que nos vamos a referir se sitúan en la conocida zona arcillera de Soneja-Geldo-Segorbe, en los límites de las hojas núm. 640 y núm. 668 del Mapa Nacional a escala 1:50.000.

2. *Situación geológica.*

El área considerada forma parte del sinclinorio de Segorbe, en las estribaciones surorientales del sector levantino de la Cordillera Ibérica. Véase fig. 2 (extraído de las hojas núm. 640 y núm. 648 del Mapa Geológico MAGNA).

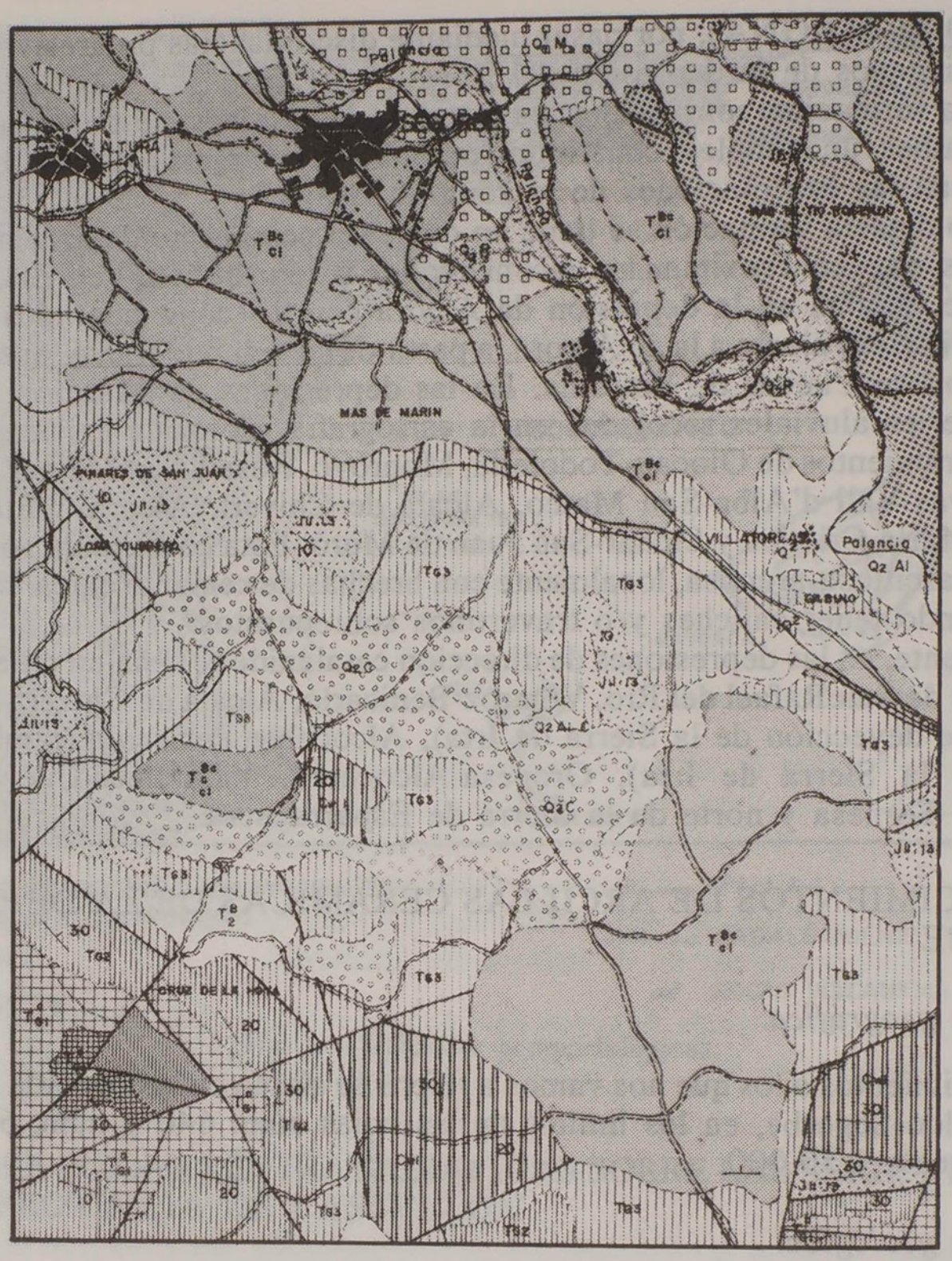
En este sinclinorio se asienta una depresión morfológica que se continúa hasta Sagunto.

En los materiales neógenos se observan basculamientos no superiores a los 20º, atribuidos a reajustes y reactivaciones póstumas de fallas anteriores (hoja núm. 640 del Mapa Geológico, 1:50.000, MAGNA).

En la hoja anteriormente citada se atribuían al Keuper las arcillas de la base de las explotaciones estudiadas. En el corte de la fig. 4, y teniendo en cuenta las características de la serie estratigráfica (que se describe posteriormente), así como las características petrográficas de dichos materiales (que luego se detallarán), se sitúan dentro de la serie neógeno.

3. *Series estratigráficas.*

I. Serie aflorante en las canteras, junto a la Masía de la Virgen.



ESCALA 1 : 50.000

Fig. 2

LEYENDA

CUATERNARIO	HOLOGENO		Q_2R	DEPOSITOS DE FONDO DE RAMBLA (CANTOS SUELTOS)
			Q_2C	COLUVIONES. ARCILLAS ROJAS CON CANTOS
	PLEISTOCE	INFERIOR	Q_1^1 Mo	MANTOS ALUVIALES ENCOSTRADOS. CONGLOMERADOS
TERCIA.	NEOGE.	MIOCENO	T^{Bc}_{cl}	CALIZAS
			T^{Bc}_{cl}	CONGLOMERADOS Y ARENISCAS
CRETACICO	INFERIOR		Cw	CONO DE DEYECCION ARCILLA ROJA CON CANTOS ALUVIALES
JURASICO	LIAS		Jurl3	DOLOMIAS, CARNIOLAS Y CALIZAS BIOCLASTICAS
			Jl	CARNIOLAS Y DOLOMIAS
TRIASICO	KEUPER		T_{d3}	MARGAS Y ARCILLAS
	MUSCHELKALK		T_{c2}	DOLOMIAS, MARGAS Y ARCILLAS, CALIZAS
	BUNTSANDSTEIN		T^a_{b1}	ALTERNANCIA DE ARGILITAS Y ARENISCAS FACIES R'OT
			T_{b2}	ARENISCAS
			T_{b1}	ARENISCAS Y ARGILITAS

CONTACTO DISCORDANTE
CONTACTO NORMAL
FALLA
DIRECCION Y BUZAMIENTO
CARRETERA
CAMINO VECINAL
FERROCARRIL
LIMITE TERMINO MUNICIPAL

Yacente: No observado.

1. 1'5 metros. Arcillas rojo-marrón obscuro o versicolores presentando algún lentejón de arcilla verdosa frágil.

2. 7 metros. Nivel que se inicia con la alternancia de lutitas arenosas, calcáreas y margas presentando una fauna de bivalvos y *Planorbis*, de mayor tamaño en las capas margosas. Pasa a margas con alguna intercalación lutítica, sigue con margas y calizas micríticas alternantes para acabar con un metro de calizas.

3. 12 metros. Nivel simétrico del 2, que se inicia con calizas y margas para pasar a lutitas y margas, margas limosas con intercalaciones de areniscas y areniscas y arcillas; las areniscas pueden ser microconglomeráticas; la relación de espesores arenisca/arcilla decrece hacia el techo.

4. 7 metros. Alternancia de areniscas finas y areniscas finas con capas de arcillas organizadas en ciclos positivos, y aumentando el espesor de las areniscas hacia el techo.

5. 1'5 metros. Margas.

6. 10 metros. Areniscas de grano medio con paquetes de láminas gruesos (0'5 a 1 metro). Contacto inferior erosivo. Techo calcáreo ferruginoso versicolor.

7. 1'5 metros. arcilla plástica roja que en la parte suroeste, entre las fallas F_1 y F_2 (véase fig. 4) presenta abundantes cristalizaciones de yeso.

Hacia el noroeste las areniscas y arenas de los niveles 4-6 passan a un conjunto de capas de areniscas limosas y arenicas con canales conglomeráticos organizadas en ciclos negativos; adquiriendo, asimismo, mayor desarrollo el tramo de calizas micríticas de los niveles 2 y 3, que presenta estructuras algales. En afloramientos situados más hacia el sur (primitivas canteras de Geldo) la serie se hace más grosera, disminuyendo la cuantía de los niveles margosos y carbonatados y teniéndose más conglomerados. En la parte inferior de la serie predominan las barras, y en la parte superior los canales. Véase la correspondiente columna en la figura 5.

II. Afloramiento de la cantera Buitrero.

Los niveles hasta aquí considerados forman parte de la serie neógena afectada por la actividad de las fallas, y cuyos niveles superiores las fosilizan. Sobre dichos materiales yace discordante una serie de depósitos de abanicos aluviales en cuya base parece localizarse un conjunto de paraconglomerados, aflorantes en la cantera Buitrero.

Los niveles distinguidos en esta cantera son:

Techo: 1. 1 metro. Conglomerado calcáreo con cantos de calizas, areniscas, cuarcitas y carniolas.

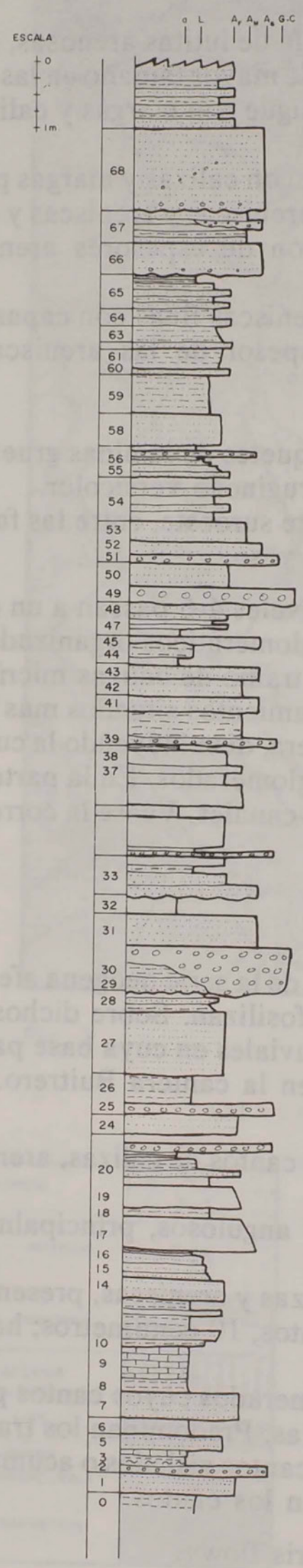
2. 1 metro. Conglomerados sueltos concantos angulosos, principalmente calcáreos, de 2 a 3 centímetros de tamaño promedio.

3. 4 metros. Conglomerados con cantos de calizas y areniscas, presentando intercalaciones de arcillas con caliches. Mediana de los cantos, 10 centímetros; hay cantos de hasta 0'5 metros cúbicos.

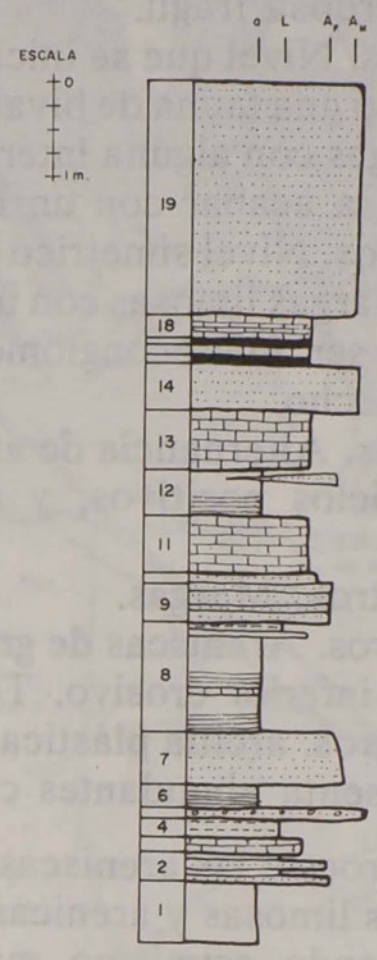
4. 30 metros. Conjunto de capas de paraconglomerados cuyos cantos predominantes son areniscas del Buntsandstein, dolomías y carniolas. Predominan los tramos arcillosos y arcillolimosos dentro de los cuales pueden existir cantos aislados o acumulaciones de cantos lavados de finos. No se observa ordenación en los cantos.

Corresponden estas capas a depósitos de «debris flow».

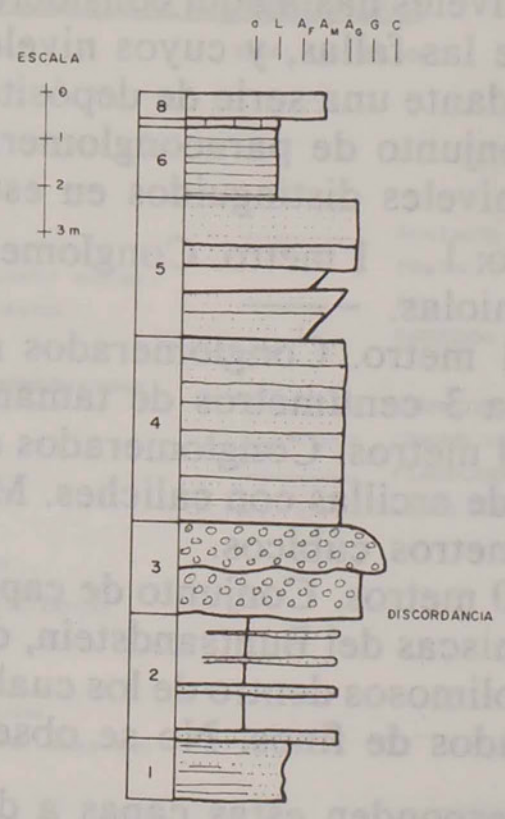
COLUMNA GELDO 1



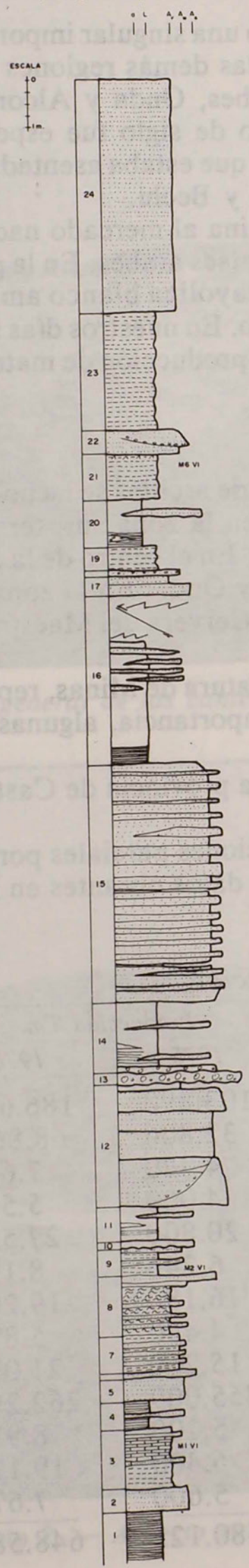
COLUMNA MASIA 2
(Segorbe)



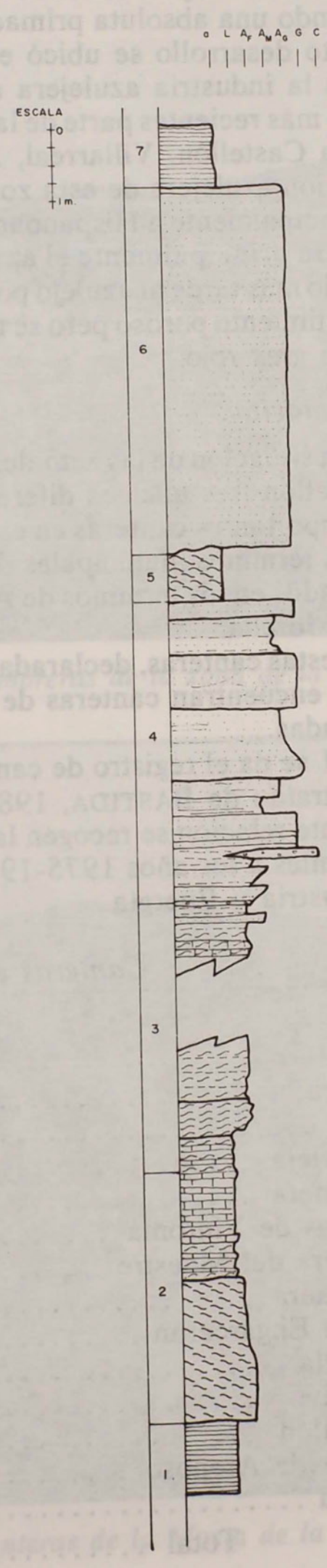
COLUMNA MASIA
DE LA VIRGEN 2



COLUMNA MASIA 3
(Segorbe)



COLUMNA MASIA DE LA VIRGEN 1



4. *Aspectos extractivos. Importancia económica.*

La industria del azulejo alcanzó desde antiguo una singular importancia en Castellón y Valencia, logrando una absoluta primacía sobre las demás regiones españolas. La producción con cierto desarrollo se ubicó en Ribesalbes, Onda y Alcora.

El auge de la industria azulejera a principio de siglo fue espectacular en Onda.

En tiempos más recientes parte de la industria que estaba asentada en Alcora y Onda se desplazó hacia Castellón, Villarreal, Almazora y Bechí.

La producción azulejera de esta zona se destina al mercado nacional y también al internacional, principalmente a Hispanoamérica y países árabes. En la primera fase el producto fabricado era principalmente el azulejo de mayólica blanco amarillo y de elevada porosidad, pasando más tarde al azulejo poroso rojizo. En nuestros días se sigue fabricando pavimento y revestimiento poroso pero se tiende a la producción de materiales de tipo gres, fundamentalmente gres rojo.

Canteras en explotación.

Estudiada la situación de las actuales canteras de arcillas se ha podido observar en la provincia de Castellón tres núcleos diferenciados, en la zona sur, término municipal de Segorbe existen importantes canteras en explotación. En el centro de la provincia se sitúan las canteras en los términos municipales de Alcora y Onda. En la zona norte, los afloramientos están situados en los términos de Adzaneta, Cervera del Maestre, Sierra Engarcerán, Traiguera y Morella.

Además de estas canteras, declaradas en la Jefatura de Minas, repartidas por la geografía del país, se encuentran canteras de menos importancia, algunas en explotación y otras ya abandonadas.

En la tabla 1 se da el registro de canteras de la provincia de Castellón con algunas observaciones (extraído de BASTIDA, 1980).

En la siguiente relación se recogen las producciones parciales por términos municipales correspondientes a los años 1975-1976, según datos obrantes en la Delegación del Ministerio de Industria y Energía.

Canteras en explotación

	Producción Tm.	
	1975	*1976*
Alcora	103.890	186.619
Onda	32.806	68.862
Villavieja	4.320	7.626
Adzaneta	4.000	5.586
Cuevas de Vinromá	20.800	27.524
Cervera del Maestre	6.240	8.190
Traiguera	16.180	19.207
Sierra Engarcerán	4.480	5.872
Morella	15.200	21.094
Segorbe	355.009	262.296
Castellón	5.200	8.923
Cortes de Arenoso	6.400	19.111
Soneja	5.600	7.673
Total	580.125	648.583

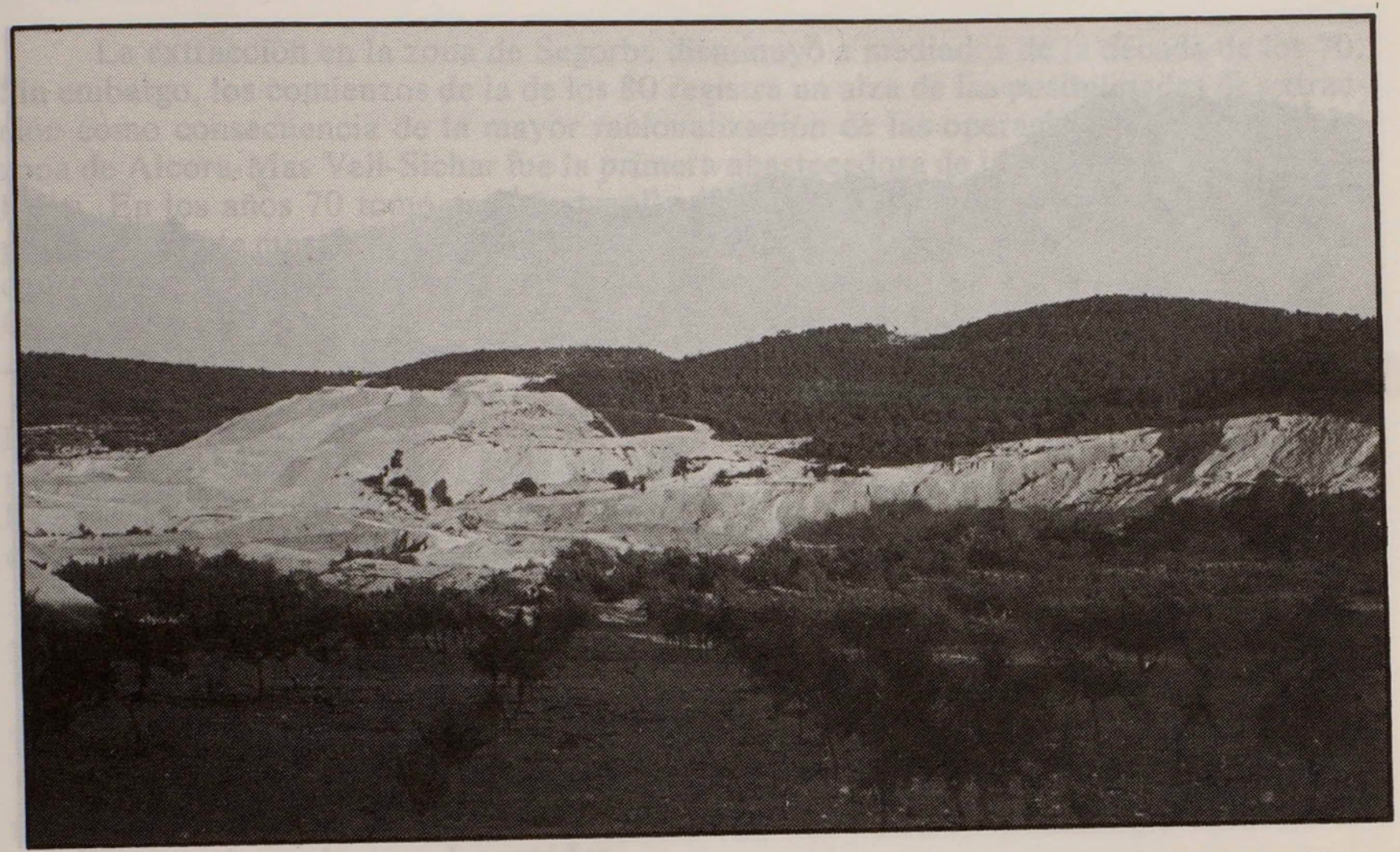


Foto 1. — *Vista general de las canteras y escombreras de la zona de la Masía de la Virgen*

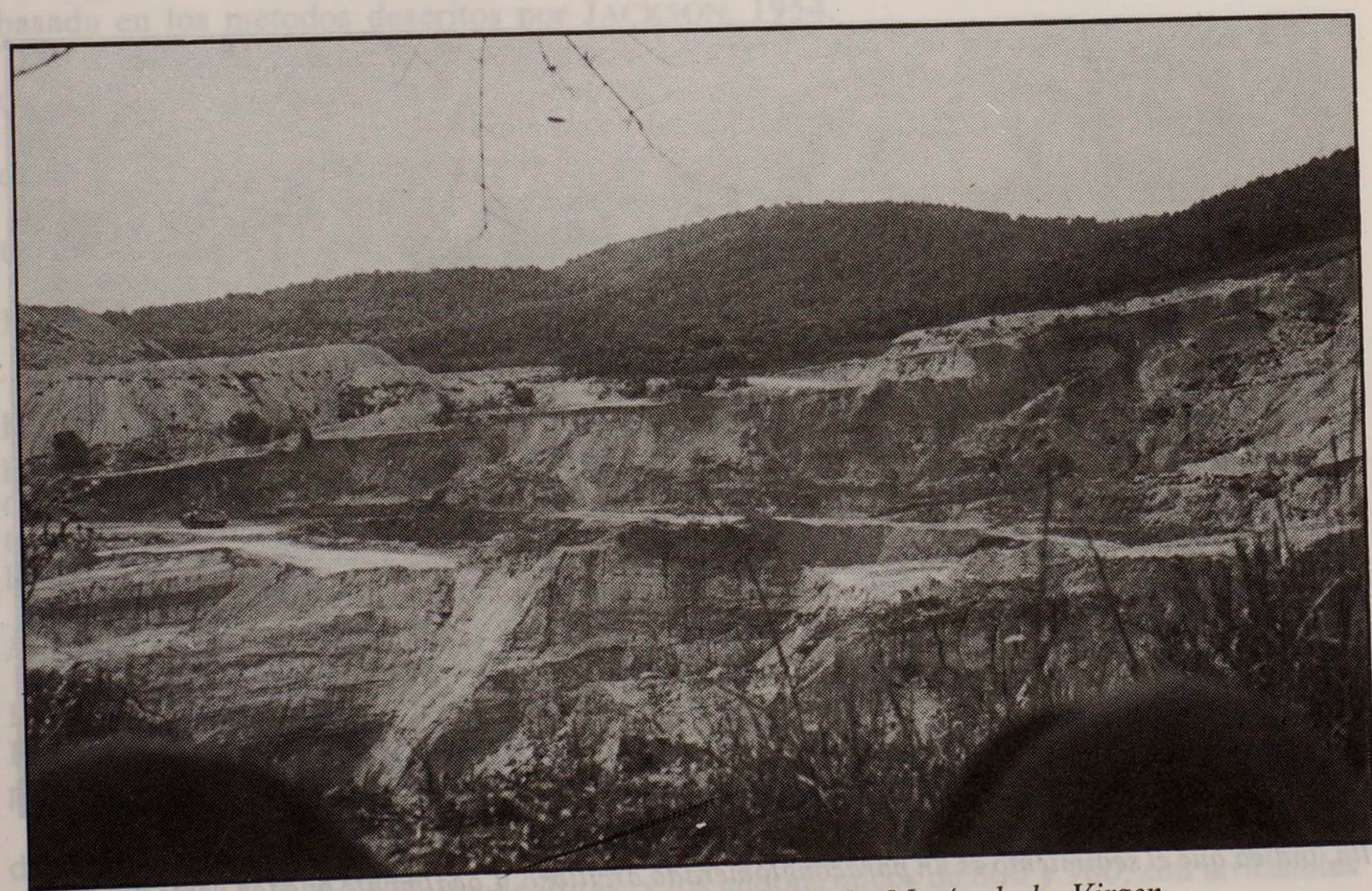


Foto 2. — *Aspecto parcial en canteras de la Masía de la Virgen*

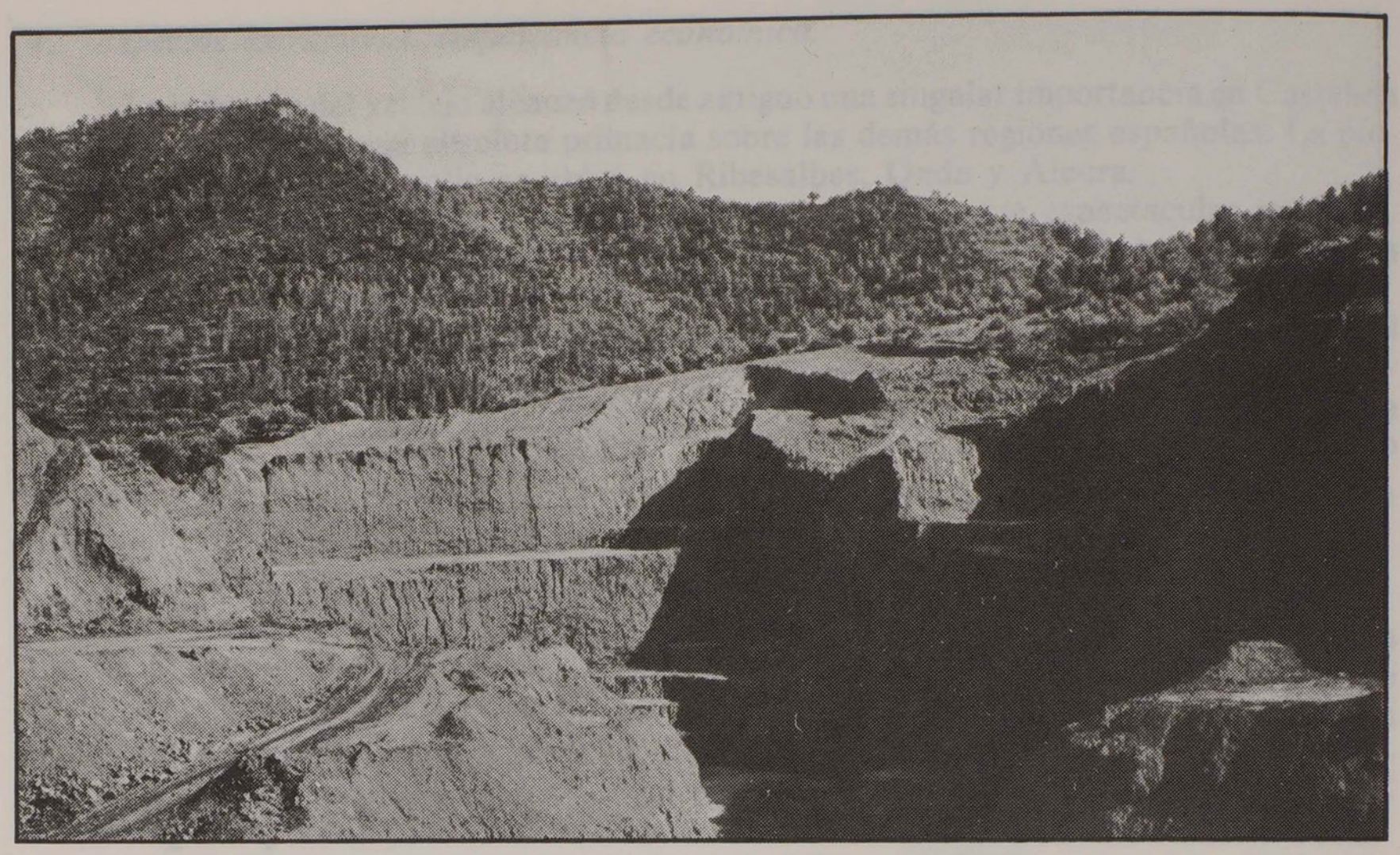


Foto 3. — *Cantera Buitero*

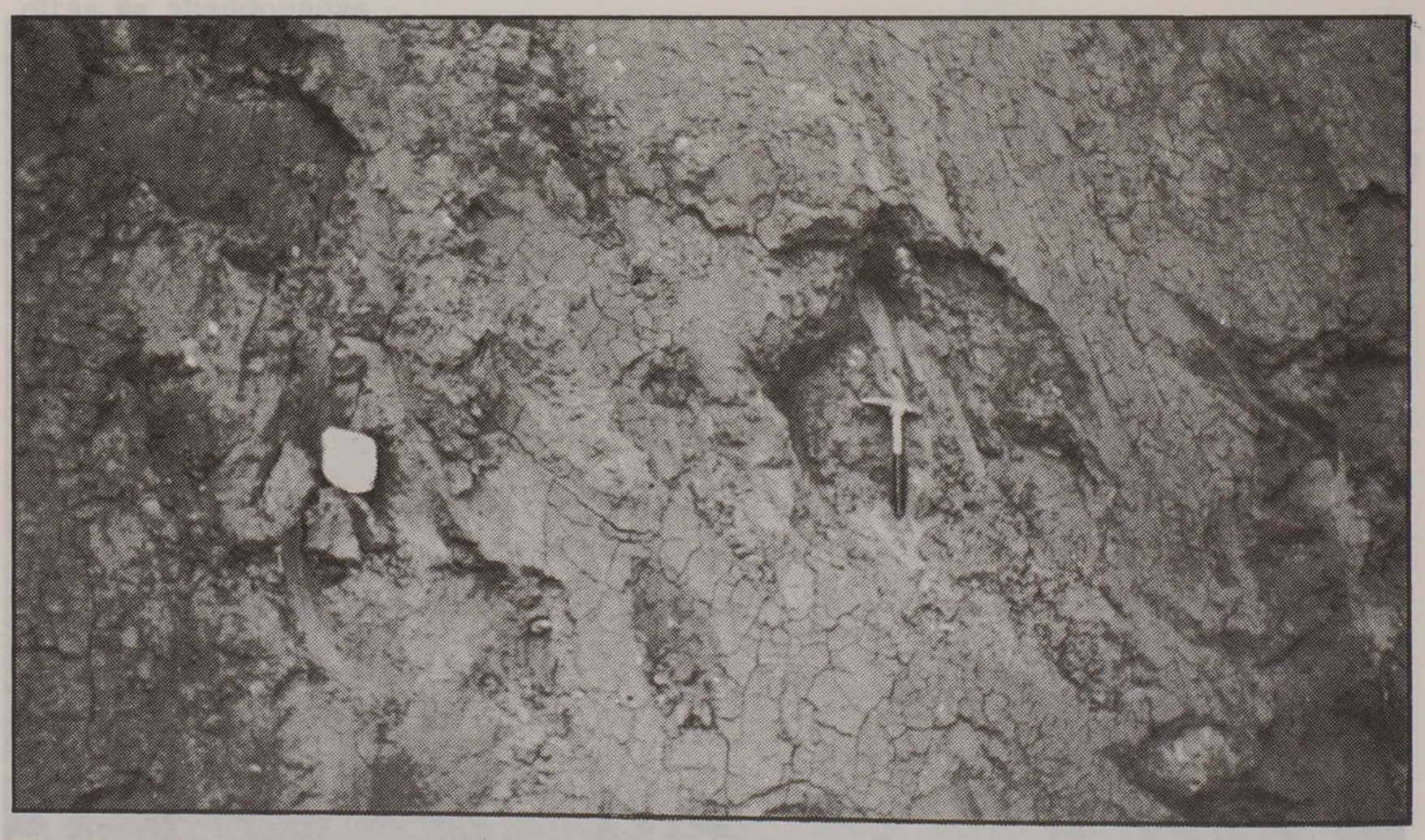


Foto 4. — *Vista de afloramiento de la Cantera Buitero. La presencia de gruesos cantos en la arcilla, indica que el sedimiento es un paraconglomerado arcilloso. Localmente pueden verse nivelillos de gravas lavadas de finos*

La extracción en la zona de Segorbe disminuyó a mediados de la década de los 70. Sin embargo, los comienzos de la de los 80 registra un alza de las posibilidades de extracción como consecuencia de la mayor racionalización de las operaciones extractivas. La zona de Alcora-Mas Vell-Sichar fue la primera abastecedora de la industria cerámica azulejera. En los años 70 tomó gran desarrollo el área de Geldo-Segorbe, formulándose las pastas mediante mezclas de arcillas de esta cuenca con arcillas de Alcora. Desde mediados del 70 se han introducido otras arcillas procedentes de las zonas de Villar, Higueruelas, Chulilla (provincia de Valencia) y de otras localidades referibles al tipo de las de Cortes de Arenoso (véase tabla 1).

En la actualidad estos materiales han encontrado la competencia de materiales similares procedentes de áreas más septentrionales situadas en la provincia de Teruel. Por otra parte, los materiales de «segunda» y «tercera» clase destinados a ladrillería y a cemento han mantenido el régimen de extracción dado su proximidad a los respectivos centros de consumo.

5. *Petrografía y Mineralogía.*

A) Petrografía.

En la fig. 3 se indican los valores de distribución granulométrica (método densimétrico) y de contenido de carbonatos (calcímetro de Bernard) de muestras de arcillas correspondientes a las columnas levantadas.

La metodología seguida en los análisis mecánicos es la descrita por BASTIDA, 1980, basada en los métodos descritos por JACKSON, 1954.

En el nivel 7 del corte de la Masía de la Virgen (véase figs. 3 y 4) destaca la presencia de nódulos de yeso de 2 a 5 centímetros.

En los niveles 3, 4 y 5 del mismo corte, abundan las eflorescencias de sulfatos, relacionadas con la existencia de sulfuros en dichos niveles.

Es de destacar que las arcillas de la serie miocénica afectada tectónicamente, presentan cierta compactación, que es más acusada en los niveles lutítico-margosos.

B) Mineralogía.

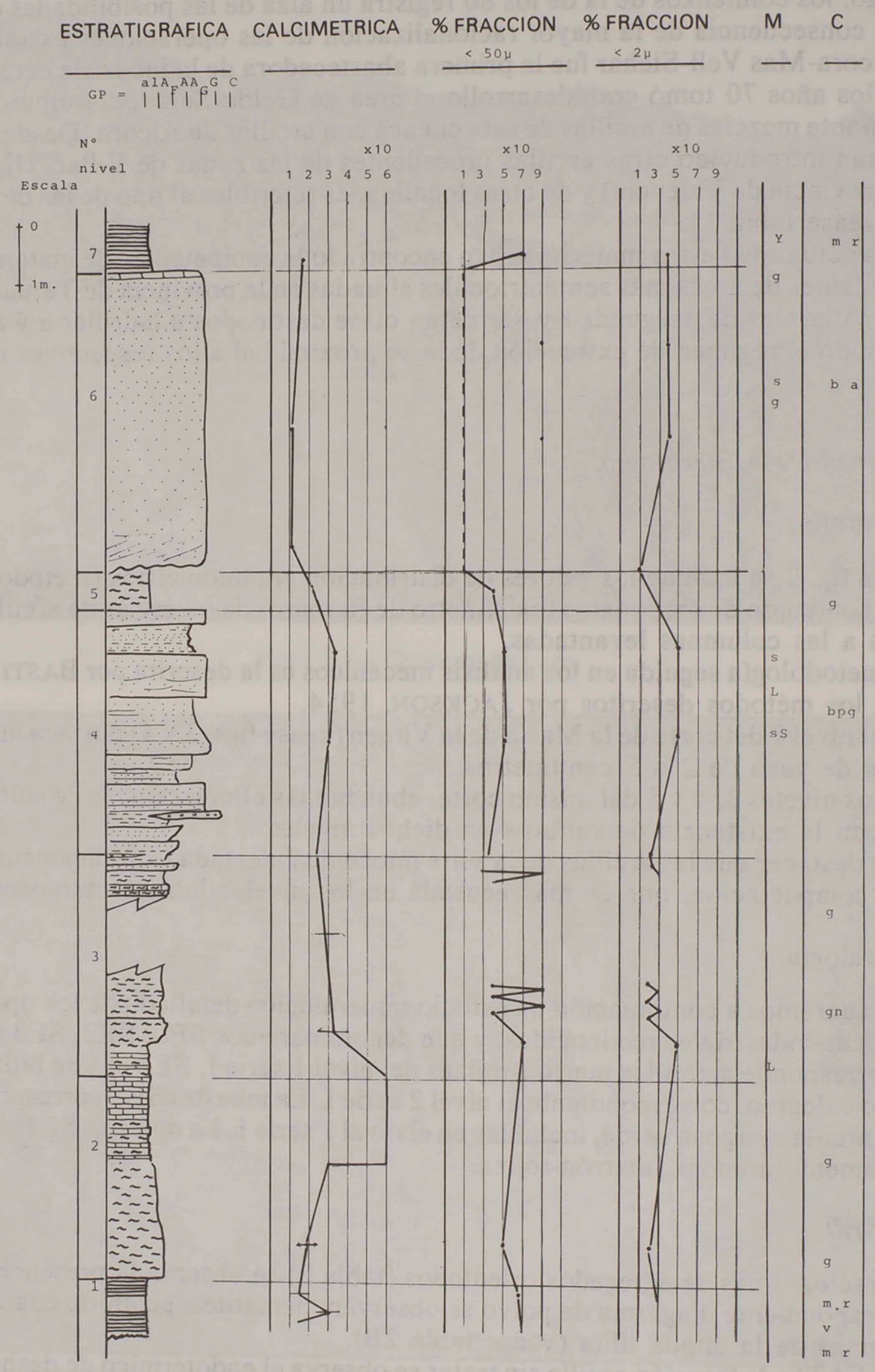
Efectuaremos a continuación un estudio mineralógico detallado de los tipos de arcillas cerámicas-industriales reconocidas, y que denominaremos SE0, SE2, SE3 y SE1. La primera corresponde a arcillas marrón-rojizas del nivel 1 serie I. SE2 es una lutita arenosa de cemento calcáreo, correspondiente al nivel 2 serie I. La muestra SE3 corresponde a lentejones de arcilla margosa verde, incluidas en el nivel 1 serie I. La muestra SE1 es una arcilla relativamente arenosa, marrón-rojiza.

Muestra SE0

En los difractogramas de agregados orientados (tabla 2) se observa la presencia de illita. En el correspondiente diagrama de polvo se observan: hematites, geothita, cuarzo, feldespatos, además de la citada illita (véase tabla 2B).

En el ATD de fracción arcilla sin tratar se observa el endotérmico de deshidratación de illitas y el amplio exotérmico a 300° C., de óxidos férricos. El endotermico a 550° C corresponde a deshidroxilación de illitas, y los endotérmicos de 800 y 900, son atribuibles a dolomita (véase fig. 7).

COLUMNAS ESTRATIGRAFICA Y PETROGRAFICAS: MASIA DE LA VIRGEN 1



GP (Promedio de tamaño de grano.) a = arcilla, l = limo, A_F = arena fina, A = arena media, A_G = arena gruesa, C = cantos, G = grava.

M (Minerales significativos acompañantes.) Y = yeso, s = sulfuros, S = sulfatos, g = goethita.

C (Color predominante.) a = amarillo, b = blanco, g = gris, m = marrón, r = rojo, p = pardo, v = verde, n = negro.

Tabla 1

Registro de canteras de arcilla de la provincia de Castellón
Inventario de explotaciones de rocas industriales

Municipio	*Paraje*	*Longitud*	*Latitud*	*Hoja 1:50.000*	*Hoja 1:200.000*	*Otros usos*	*Tipo similar*	*Observaciones*
Adzaneta	Mangranar	894.903	629.519	29-23 Villahermosa	8/6 Vinaroz	—	Co	
Alcora	Mas Vell	896.751	610.934	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	SE1-A	G
Alcora	Tozal de Ancorna	894.251	611.400	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	CO	
Alcora	Araya	891.000	612.000	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	A	
Alcora	Mas de la Cantareja Araya	892.000	611.600	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	A	
Alcora	Palmosa (Araya)	892.800	611.760	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	A	
Alcora	Araya	891.288	613.094	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	A	
Alcora	Araya	891.288	613.094	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	A	
Alcora	Farregas	899.739	611.714	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	SE1-A	G, C
Alcora	El Charco	897.483	609.873	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	SE1-A	G, C
Alcora	Mas Vell-El Charco	897.269	610.049	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	SE1-A	G, C
Alcora	Mas Vell	894.993	609.429	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	SE1-A	G, C
Alcora	Mas Vell	894.949	609.317	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	SE1-A	G, C
Alcora	Mas Vell	896.698	610.920	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	SE1-A	G, C
Alcora	Montesalbo	897.802	608.345	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	Co	G, C
Alcora	Montesalbo	897.802	608.345	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	Co	
Alcora	Pla de Rambla de Flors	900.150	613.809	30-24 Villafamés	8/6 Vinaroz	—	A-SE1	G, C
Artana	Les Sendes	894.084	593.319	29-25 Segorbe	8/7 Valencia	—	VI	Y
Bechí	Camino del Mojón	898.674	598.176	29-25 Segorbe	8/7 Valencia	—	SE1-A	G
Borriol	Benadresa	903.557	609.272	30-24 Villafamés	8/7 Valencia	—	Co	
Castellón	Benadresa	903.557	609.272	30-24 Villafamés	8/6 Vinaroz	—	Co	
Cervera del Maestre	La Llosa	938.573	658.414	31-22 Vinaroz	8/6 Vinaroz	—	M	
Cuevas de Vinromá	Las arcillas	924.987	644.742	30-23 Cuevas	8/6 Vinaroz	—	A	
Cuevas de Vinromá	Morinas	923.541	642.971	30-23 Cuevas	8/6 Vinaroz	—	A	
Moncófar	El Saladar	901.343	581.916	30-26 Moncófar	8/7 Valencia	—	SE3-A	MO, S
Nules	Carretera a la playa	904.604	587.111	30-26 Moncófar	8/7 Valencia	2	SE1	MO, S
Onda	Benadresa	902.310	608.321	30-24 Villafamés	8/6 Vinaroz		Co	a
Onda	Sichar bajo	898.111	605.402	29-25 Segorbe	8/7 Valencia	—	SE1-A	G, C
Onda	Els Ratils	896.925	601.811	29-25 Segorbe	8/7 Valencia	—	SE1-A	G, C
Onda	Mas de Pere	893.621	606.298	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	Co	a
Onda	Mas de Pere	893.375	605.960	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	Co	a
Onda	Embalse Sichar	894.126	608.390	29-24 Alcora	8/6 Vinaroz	—	Co	
Onda	Sichar, senda Cablán	899.741	604.156	30-35 Castellón	8/7 Valencia	—	M	—
Onda	Sichar	899.809	604.154	30-35 Castellón	8/7 Valencia	—	T	—
Onda	Camino Mas Piñón	899.747	804.150	30-25 Castellón	8/7 Valencia	—	T	
Onda	Pla Olivars	897.535	604.056	29-25 Segorbe	8/7 Valencia	1	SE1-A	G, C
Pavías	Loma Pavías Juncosa	874.060	602.332	29-25 Segorbe	8/7 Valencia	3	PT	
Pobla Tornesa	Límite término municipal	913.500	616.700	30-24 Villafamés	8/6 Vinaroz			
Puebla de Benifasar	Santa Escolástica	927.690	682.245	31-20 Beceite	8/5 Tortosa	—	T	
Segorbe	Camino Cabrera	875.410	582.340	29-26 Sagunto	8/7 Valencia	—	SW1-SE3	
Segorbe	Camino de la Rosa	875.410	582.388	29-26 Sagunto	8/7 Valencia	—	SE1, 2, 3,	
Segorbe	Camino Cabrera	875.409	582.390	29-26 Sagunto	8/7 Valencia	—	SE1, 2, 3	
Segorbe	Corral Hoya	875.408	582.393	29-26 Sagunto	8/7 Valencia	—	SE1, 2, 3	
Segorbe	Camino Cabrera	875.363	582.352	29-26 Sagunto	8/7 Valencia	—	SE1, 2, 3	
Segorbe	Cabrera, camino del Cabezo	873.540	588.782	29-26 Sagunto	8/7 Valencia	—	VI	Y
Sierra Engarcerán	Peiró	913.555	636.881	30-23 Cuevas	8/6 Vinaroz	—	Co	a
Soneja	Valle del Pozo Torres	880.431	584.844	29-26 Sagunto	8/7 Valencia	1	SE1-A	G, C
Traiguera	Puntarrons	936.026	665.316	31-21 Ulldecona	8/6 Vinaroz	—	T	M, F
Traiguera	Puntarrons	934.647	665.216	31-21 Ulldecona	8/6 Vinaroz	—	T	M, F
Traiguera	Puntarrons	936.083	665.873	31-21 Ulldecona	8/6 Vinaroz	—	T	M, F
Villafamés	Monte Monet	906.825	615.174	30-24 Villafamés	8/6 Vinaroz	—	SJ	
Villafamés	Falda norte del monte Monet	907.492	615.511	30-24 Villafamés	8/6 Vinaroz	—	SJ	
Villafamés	La Canal	908.326	616.359	30-24 Villafamés	8/6 Vinaroz	—	SJ	
Villafamés	San Juan Moró. Mas de Pere	904.137	613.643	30-24 Villafamés	8/6 Vinaroz	—	A-SE1	G, C
Villafamés	San Juan Moró. Font Chunco	904.137	613.643	30-24 Villafamés	8/6 Vinaroz	—	A-SE1	G, C
Villafamés	Borriol	907.950	611.500	30-24 Villafamés	8/6 Vinaroz	—	SJ	
Villafamés	Buscalet	904.419	614.576	30-24 Villafamés	8/6 Vinaroz	—	A-SE1	G
Villamalur	Rambla de Villamalur	881.425	600.459	29-25 Castellón	8/7 Valencia	—	VI	Y
Villarreal	Cenia Manga	900.906	596.906	30-25 Castellón	8/7 Valencia	—	SE1-A	G
Villavieja	Fuente Oliver	898.522	590.681	29-25 Segorbe	8/7 Valencia	—	SJ	a

OBSERVACIONES:

a = Intercalaciones de areniscas en los niveles útiles.
F = Existencia de niveles con nódulos ferruginosos.
C = Variaciones del contenido en carbonatos.
G = Variaciones de distribución granulométrica según los niveles; series detríticas con conglomerados y/o areniscas.
M= Abundancia de materia orgánica.
S= Presencia de sulfatos y/o sulfuros.
Y= Presencia de niveles yesosos.

Otros usos:
(1) Cementos y sus derivados; (2) Abonos y aditivos; (3) Áridos de construcción.

Muestra SE1

En los difractogramas de agregados orientados (tabla 2C) puede observarse la presencia de illita. Otros componentes de la fracción arcilla son: cuarzo, hematites, goethita, feldespatos y quizá siderita.

Mediante ATD se pone de manifiesto, así mismo, la presencia de calcita-dolomita.

La sensible pérdida observable en el ATG hacia 300º, se relaciona con la presencia de goethita, siendo más acusada en muestra de color marrón-amarillento.

Las partículas de la fracción arcilla observadas al microscopio electrónico (foto 6) se presentan escasamente enhédricas, con dos poblaciones de tamaños: de 2 a 5μ, e inferiores a 0'2μ.

. . .

En la fracción arena fina (<100μ) existe hematites, cuazo, calcita, dolomita y turmalina. En la fracción arena gruesa (>100μ): cuarzo, calcita y hematites. Los cuarzos oscilan entre angulosos y redondeados.

La illita es de baja cristalinidad (índice de KUBLER = 10, medida como 20, Co Kα).

En difractogramas correspondientes a agregados orientados obtenidos con fracciones de diferentes diámetros esféricos equivalentes.

Muestra SE2

La fracción arcilla está constituida, según pone de manifiesto los diagramas de agregados orientados, por illita predominante, calcita y quizá clorita e interestratificados de naturaleza dudosa.

Estos constituyentes, observados al microscopio electrónico (foto 7) se presentan predominantemente como láminas de 2 a 5μ y formas poco definidas, existiendo también láminas inferiores a 2μ, agregadas entre sí y a otras mayores.

En la fracción arena fina (< 100μ) se tiene calcita predominante, en agregados microcristalinos redondeados o subangulosos, hematites y turmalina; en la fracción arena gruesa (> 100μ): calcita predominante, abundantes pirita y goethita y algo de cuarzo.

Muestra SE3

Los diagramas de agregados orientados (tabla 2E) ponen de manifiesto la presencia de illita, clorita, jorosita e interestratificados de naturaleza dudosa.

Mediante diagrama de polvo, en la fracción arcilla, se han determinado también cuarzo y feldespatos.

La clorita presenta una débil reflexión 001, debido por una parte a ser clorita bastante ferrífera (caracterizadas por fuertes reflexiones 002 y 004, siendo débiles las 001, 003 y 005, según BRINDLEY, 1960).

En registros de difracción a alta temperatura, mediante cámara Guinier-Lenné, no se aprecia línea a 14 Å, pero sí un conjunto de líneas que desaparecen a 790º C., teniendo algunas mayor intensidad entre 400 y 790º C. En el registro correspondiente se observan cambios de espaciados entre 200º y 400º, en líneas correspondientes a jarosita y/o quizá algún otro sulfato.

En los agregados orientados se observa una disminución de las intensidades correspondientes a las reflexiones 002 y 004 de clorita, con el tratamiento químico, lo cual teniendo en cuenta lo observado en alta temperatura, supone la existencia de algo de caoli-

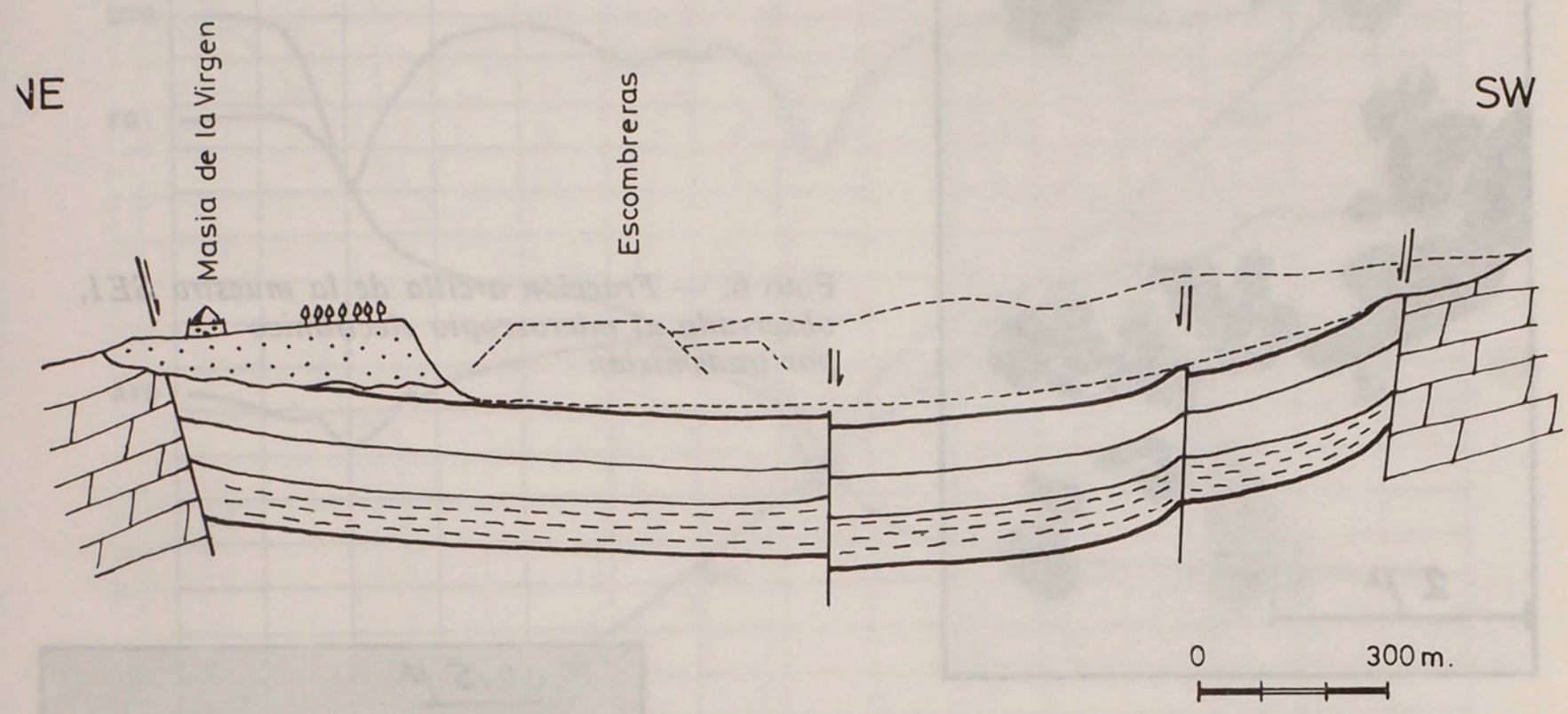


Fig. 4

Foto 5. — *Eflorescencia de sulfatos, sobre lutitas grises, en el contacto mecánico con el macizo calcáreo (falla F_1 del corte de la fig. 4).*

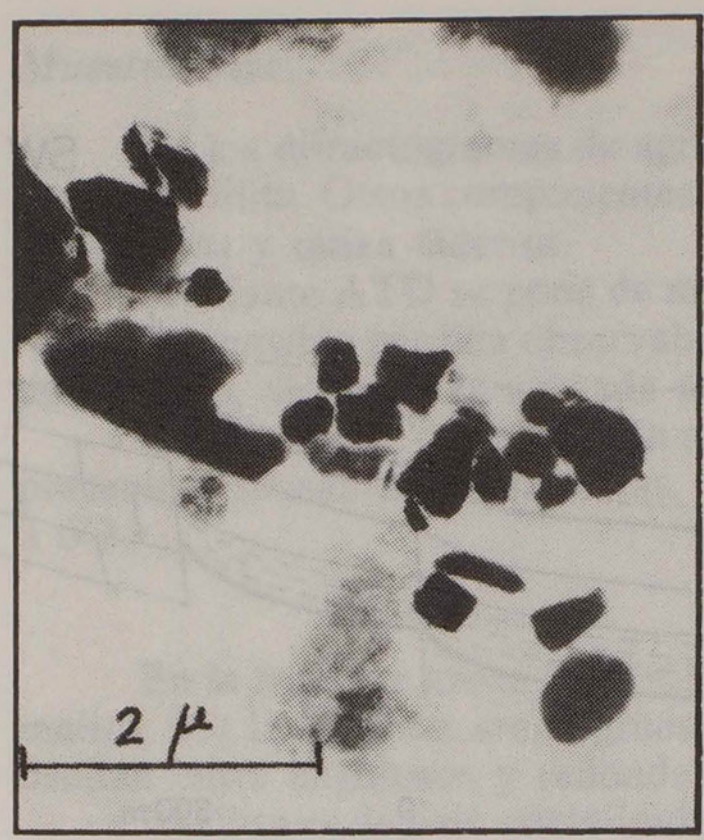


Foto 6. — *Fracción arcilla de la muestra SE1, observada al microscopio electrónico por transmisión*

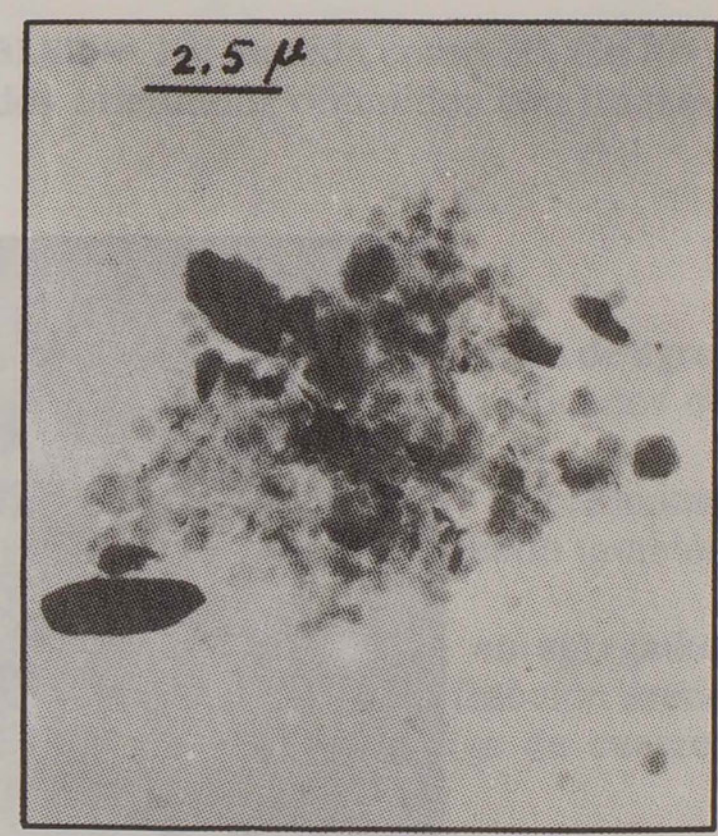


Foto 7. — *Fracción arcilla de la muestra SE2, observada al microscopio electrónico por transmisión*

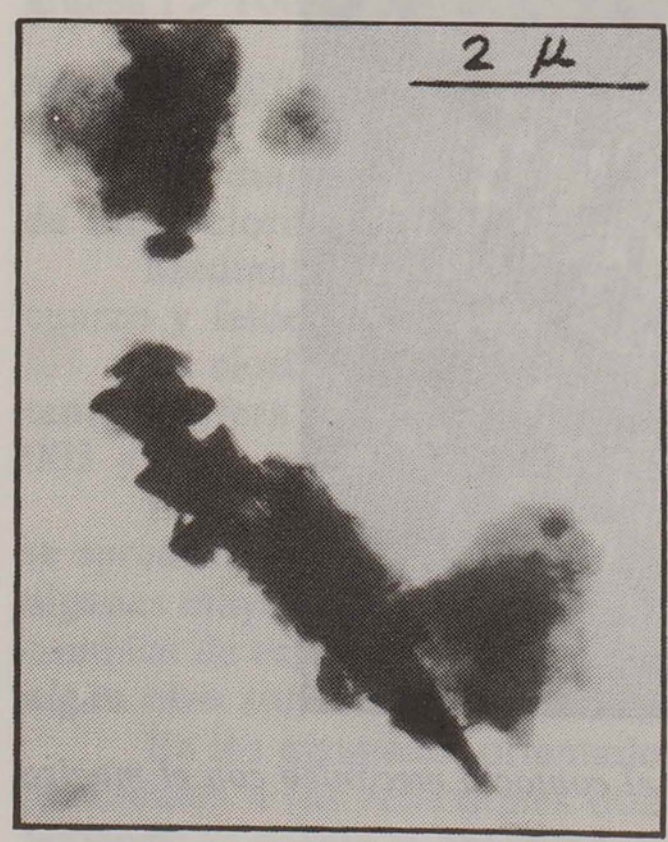
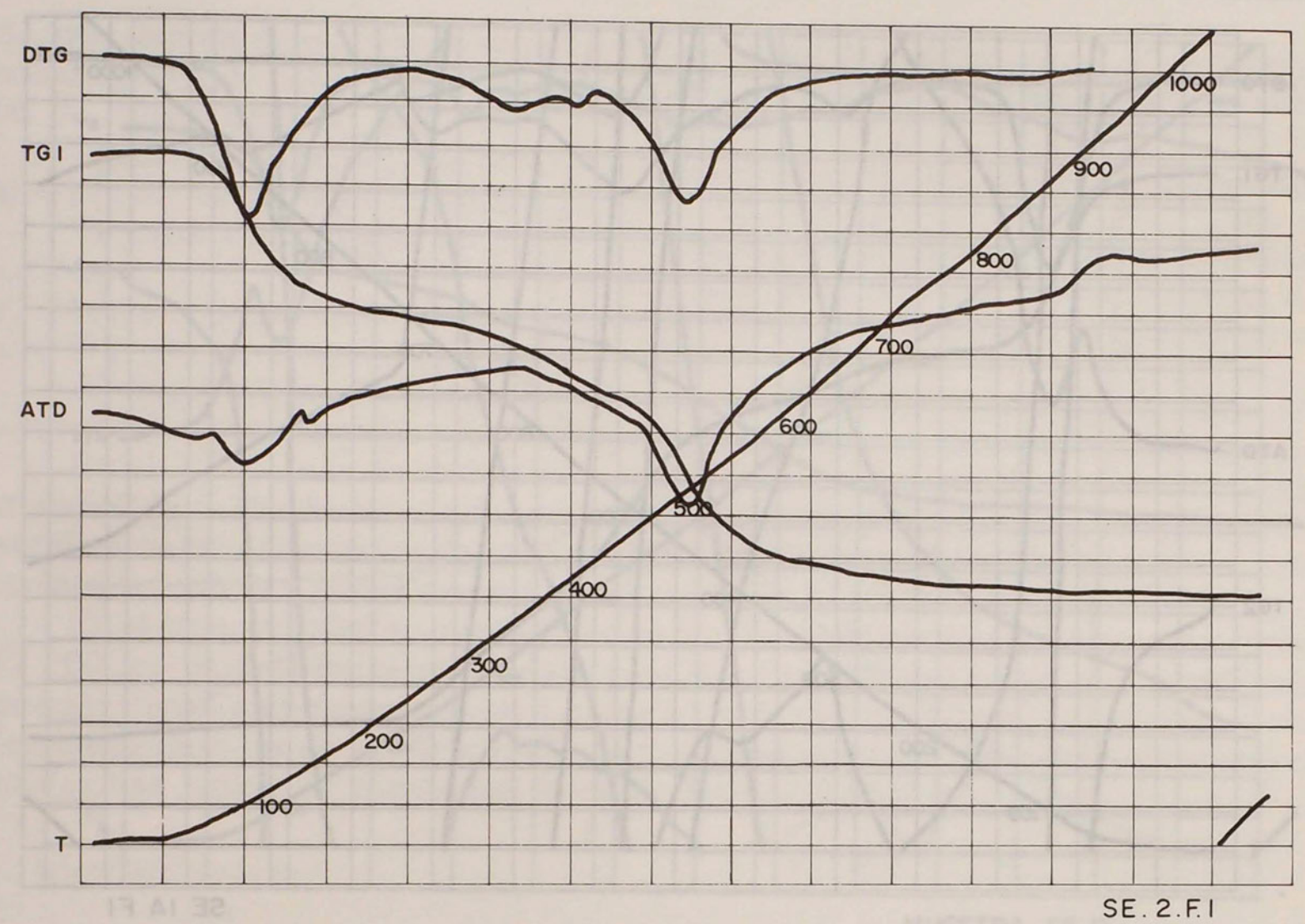
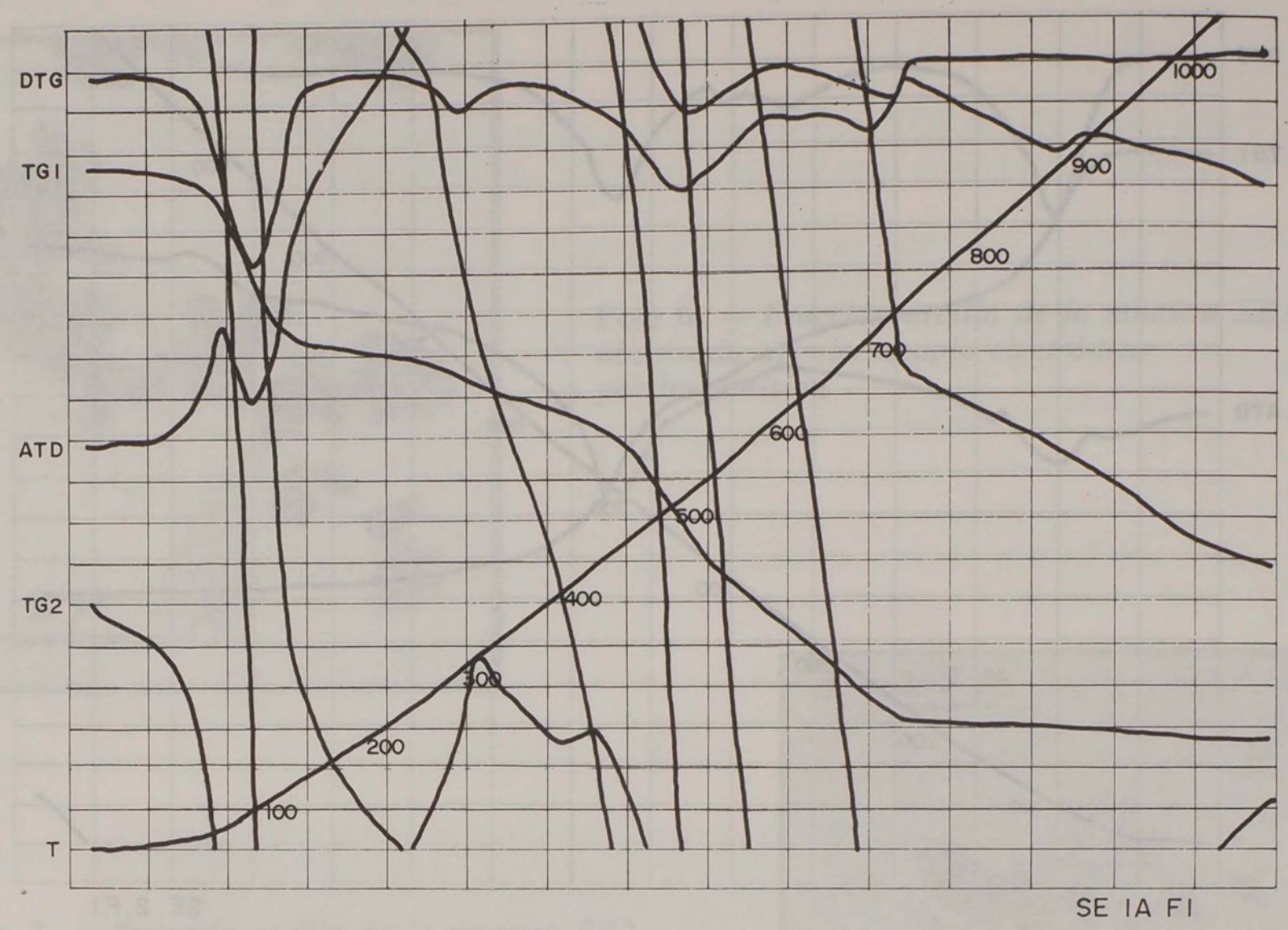
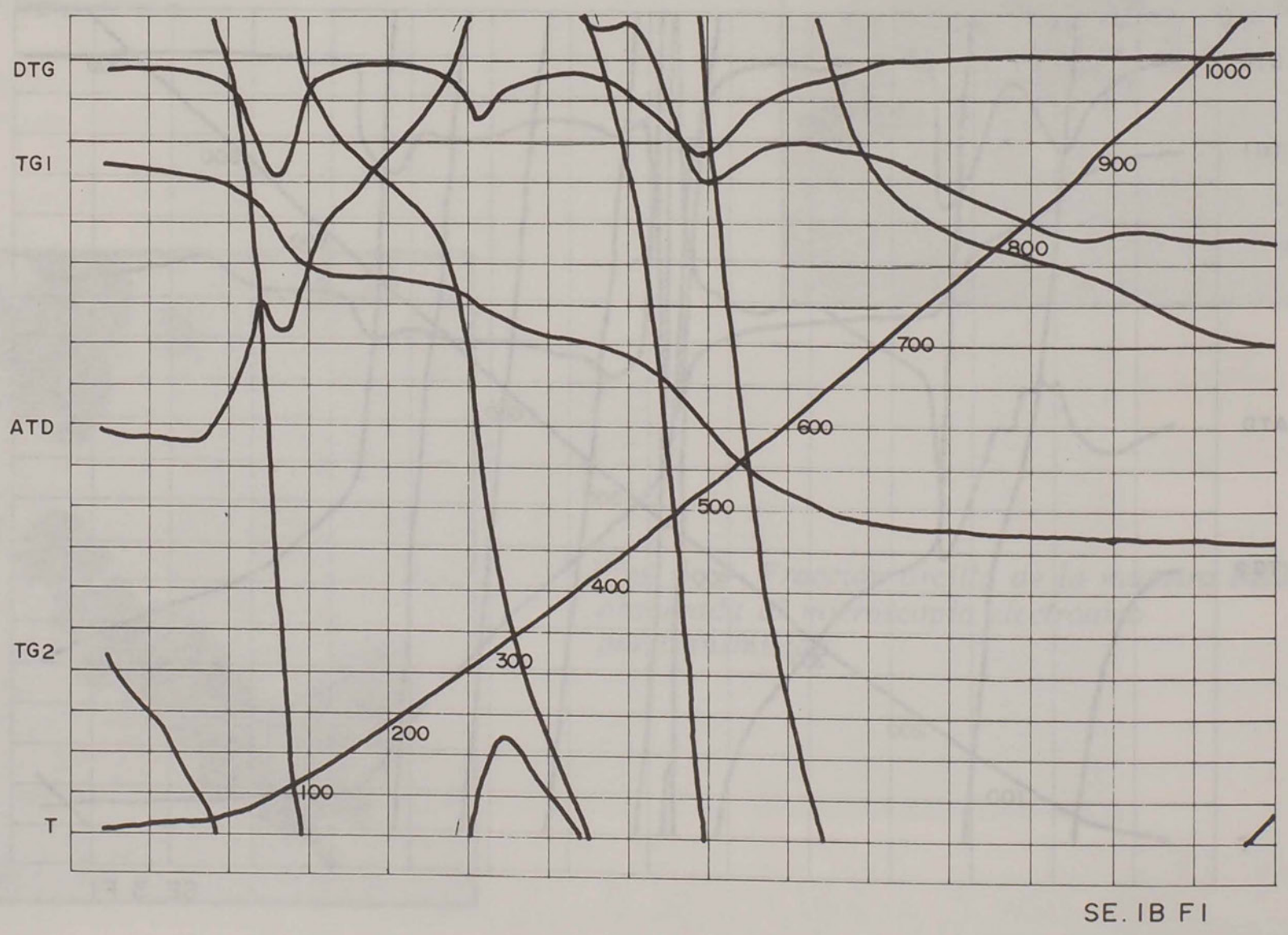


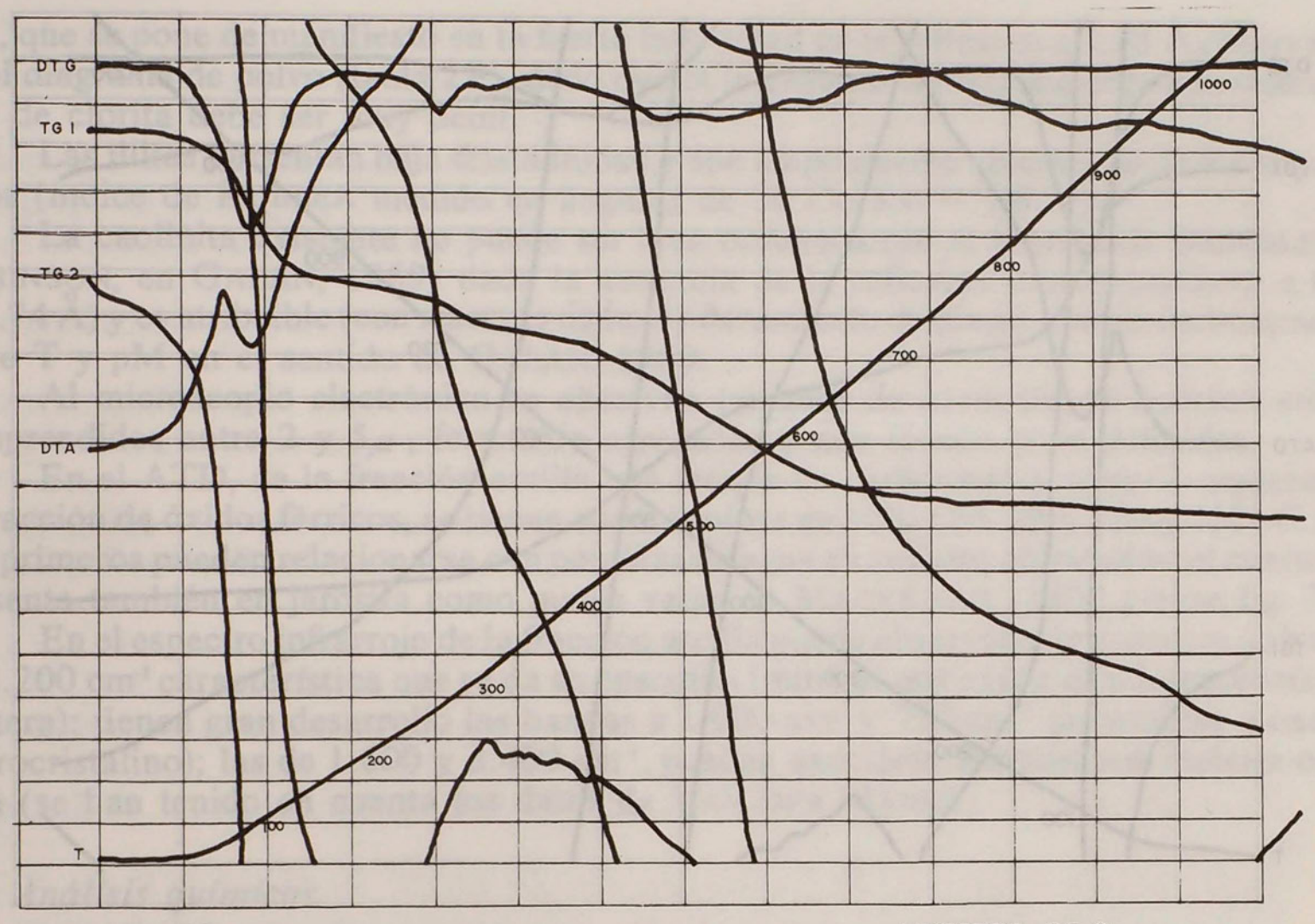
Foto 8. — *Fracción arcilla de la muestra SE3, observada al microscopio electrónico por transmisión*


DTG
TG I
ATD
T
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
SE. 2. F. I

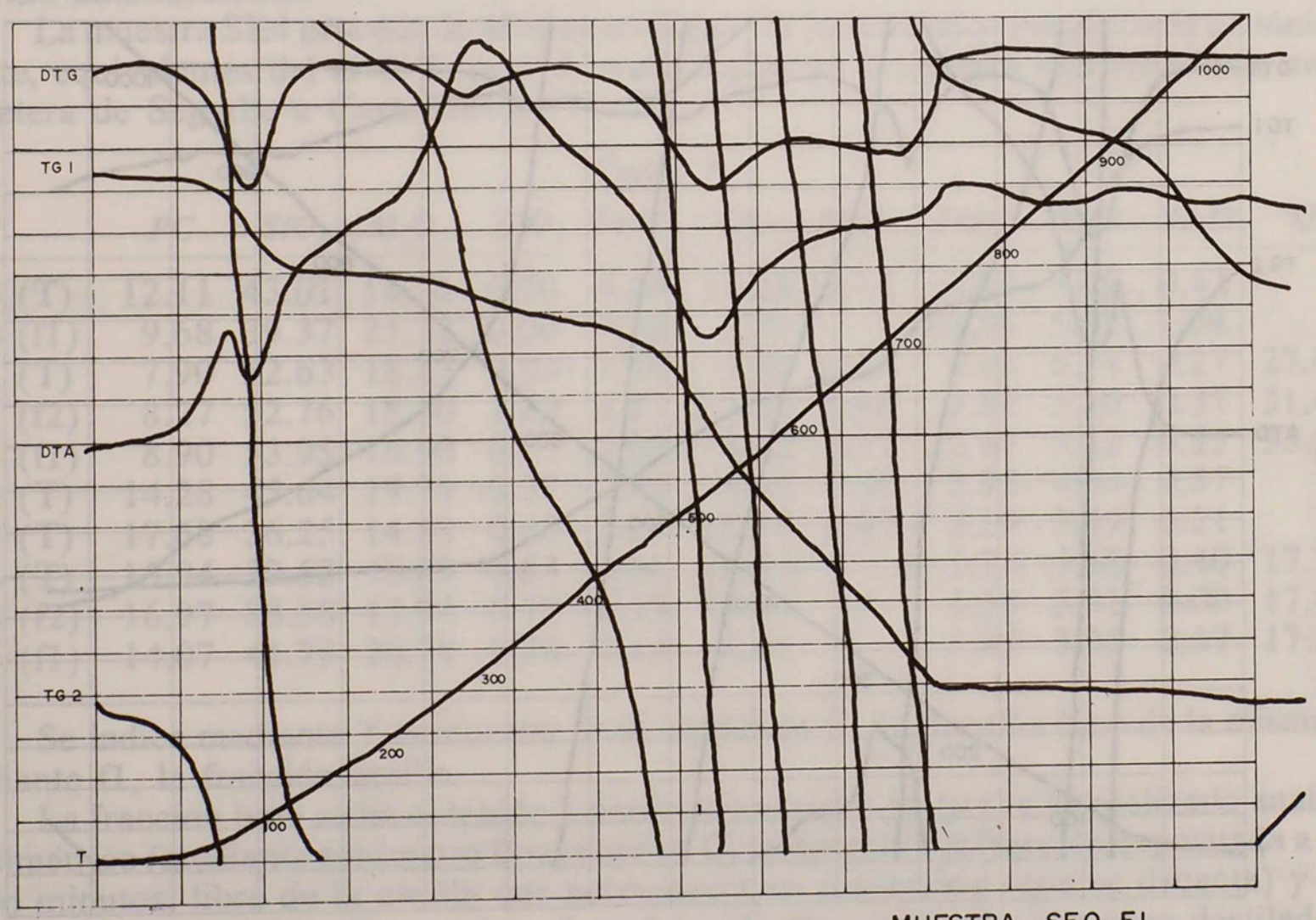
DTG
TG I
ATD
TG 2
T
100
200
300
400
500
600
800
900
1000
SE. 3. F I


DTG
TG1
ATD
TG2
T
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
SE IA F1

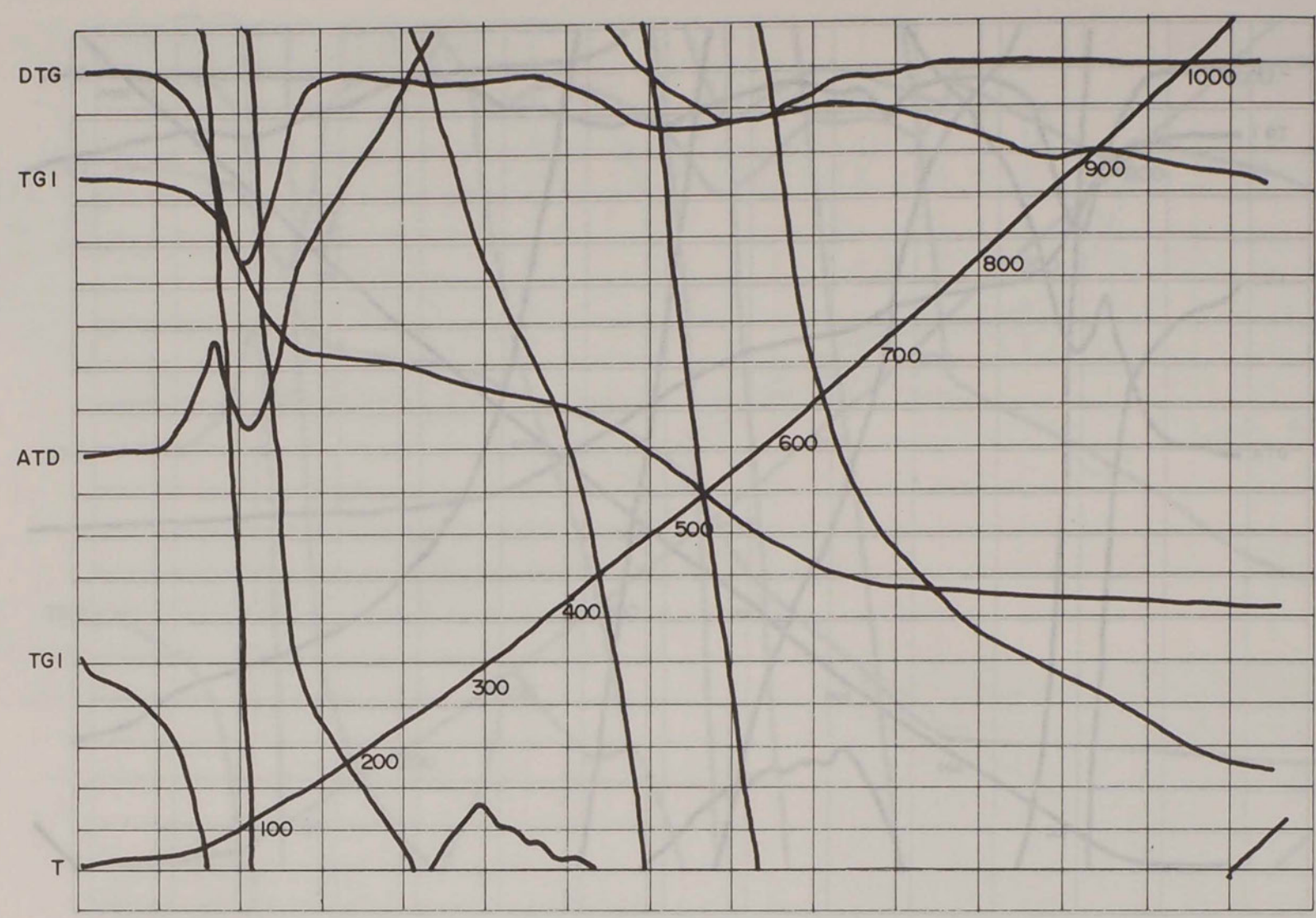

DTG
TG1
ATD
TG2
T
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
SE. IB F1



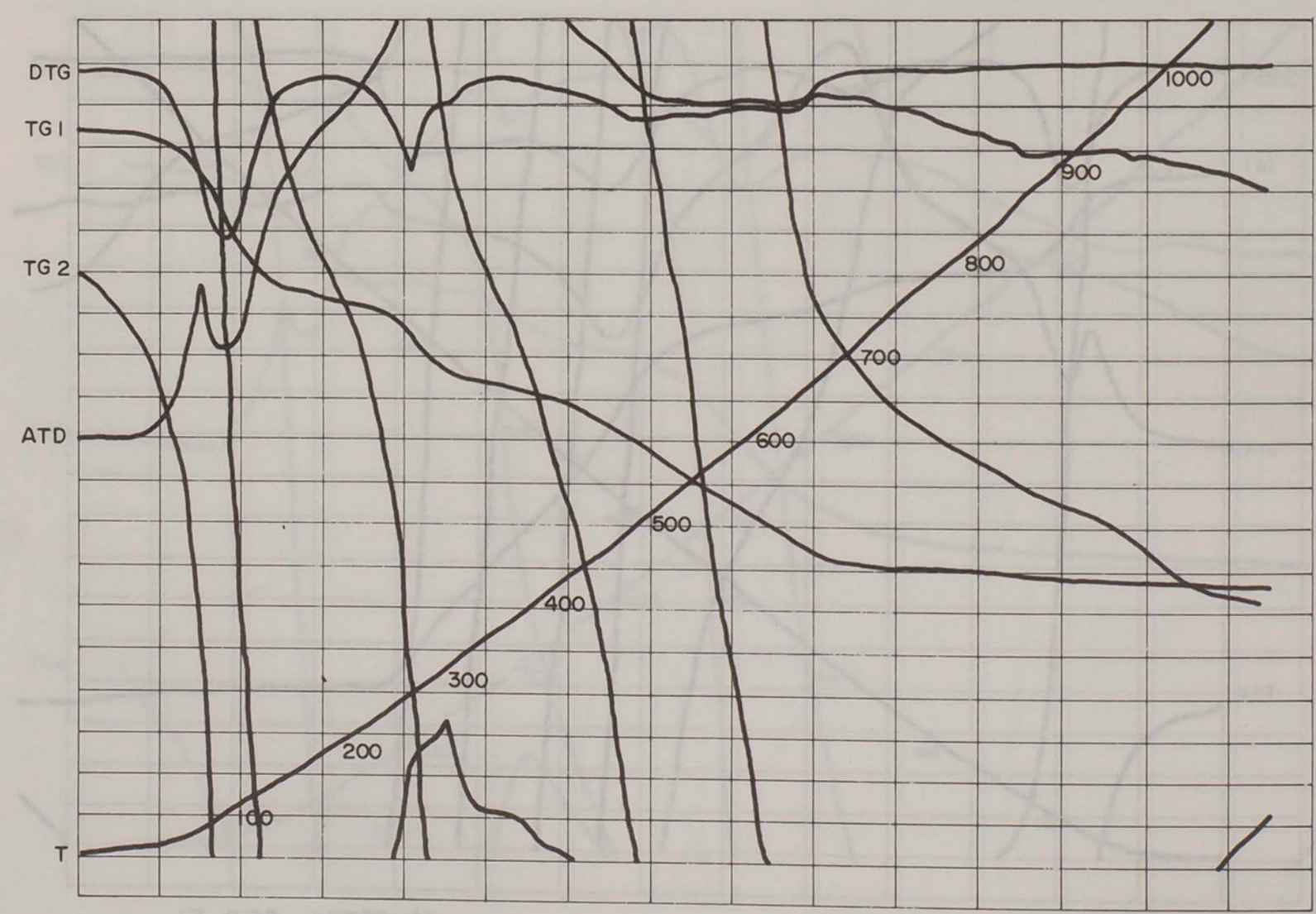
MUESTRA SE O



MUESTRA SEO FI


DTG
TG I
ATD
TG I
T
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000

SE. I FI


DTG
TG I
TG 2
ATD
T
60
200
300
400
500
600
700
800
900
1000

SE. I (L)

nita, que se pone de manifiesto en la fuerte intensidad de la reflexión a 2.35 Å observable en el diagrama de polvo (tabla 2F), dado que la intensidad correspondiente a la reflexión 006 de clorita debe ser muy débil.

Las illitas presentan baja cristalinidad y son ampliamente abiertas hacia los ángulos bajos (índice de KUBLER medido en ángulos de 20 Co Kα = 1.6-2°).

La caolinita existente no puede ser bien ordenada (en el sentido de BRINDLEY & ROBINSON, en GALAN, 1969) dada la ausencia de la reflexión correspondiente a 022 (a 2.74 Å) y es atribuible (con reservas dado el afloramiento de picos) a caolinita intermedia entre T y pM en el sentido de GALAN, 1969.

Al microscopio electrónico se observan tamaños de partícula en fracción arcilla comprendidos entre 2 y 5μ, formando agregados y con formas poco definidas.

En el ATD, de la fracción arcilla con ataque de carbonatos y materia orgánica, y extracción de óxidos férricos, se tienen endotérmicos de 100, 150, 200, 550 y 750° C.; los dos primeros pueden relacionarse con pérdidas de agua en sulfatos hidratados; el cuarto, se presenta también en jarosita como puede verse en MACKENZIE, 1970 (véase fig. 7).

En el espectro infrarrojo de la fracción arcilla puede observarse la ausencia de banda de 2.200 cm^{-1} característica que se da en epsomita (mineral que existe en eflorescencias de cantera); tienen gran desarrollo las bandas a 1.600 cm^{-1} y 790 cm^{-1} (asociables a cuarzo microcristalino); las de 1.600 y 3.400 cm^{-1}, pueden asociarse también con materia orgánica (se han tenido en cuenta los datos de VAN DER MAREL).

6. *Análisis químicos.*

En la tabla 3 se recogen los análisis químicos de las muestras a las que nos hemos referido anteriormente.

La muestra SE4 procede de niveles arcillosos de la serie miocena afectada tectónicamente, equivalentes del nivel 7, serie I, muestreados en la cantera «La Artelina», en la carretera de Segorbe a Castellnovo.

Tabla 3

	PC	*SiO_2*	*Al_2O_3*	*TiO_2*	*Fe_2O_3*	*Cao*	*MnO_2*	*MgO*	*K_2O*	*Na_2O*	*Q*
SE0 (T)	12.11	43.01	14.35	0.70	6.08	11.36	0.18	3.07	5.29	0.42	
SE0 (f1)	9.68	39.37	21.72	0.00	9.38	1.40		12.35	5.05	1.08	
SE1 (T)	7.90	52.63	18.23	0.93	7.29	3.50	0.86	2.65	6.14	0.27	27.07
SE1 (f2)	8.27	52.76	18.10	1.22	6.55	3.83	0.86	2.82	5.30	0.37	31.46
SE1 (f1)	8.90	53.95	16.90	0.37	7.06	4.32	0.17	2.61	5.32	0.25	33.59
SE2 (T)	14.28	45.64	19.79	0.37	7.44	4.43	0.06	2.25	4.04	0.57	
SE3 (T)	17.68	36.25	14.83	0.43	5.03	18.55	0.07	3.29	3.49	0.21	
SE4 (T)	15.94	39.52	18.89	0.64	5.56	12.84		1.73	3.62	0.40	17.23
SE4 (f2)	16.97	38.58	17.94	0.79	6.29	14.69		1.58	3.31	0.00	17.42
SE4 (f1)	14.07	41.79	20.78	0.70	7.14	8.81		1.89	3.91	0.37	17.27

Se indica mediante T la muestra total; mediante f2, la fracción limo de la misma, y mediante f1, la fracción arcilla.

La fracción limo se ha obtenido a partir de muestras en que se ha realizado análisis densimétrico (mediante aerómetro Bouyoucos). Corresponde a la fracción depositada a los cinco minutos, libre de la arcilla que permanecía en suspensión (que se decanta) y del rechazo sobre tamiz de 50μ, sobre el cual se efectúa un lavado con agua destilada.

En los fraccionamientos no se observa el incremento habitual de sílice libre o de CaO y/o MgO, que es frecuente en muchas arcillas y arcillas margosas relacionado con aumentos de cuarzo y calcita o dolomita en fracciones gruesas.

Este extremo se ha comprobado también en fracción limo que aglomera granos de arena en la muestra SE3, utilizando no análisis químicos sino diagramas de agregados orientados de dicha fracción; en los mismos se observa el predominio de minerales micáceos, y la presencia de cloritas.

En la tabla se indica a título orientativo la cantidad de SiO_2 libre (se indica como Q), obtenida según el método de ańalisis racional de WORRALL, 1950.

En la fig. 14 se tienen los espectros de fluorescencia de rayos X, correspondientes a las muestras SE1, SE2 y SE3. En los espectros B, D y F se observa la intensidad de los picos correspondientes a P, S y Cl.

En la muestra SE1 se han determinado cualitativamente Fe, Ti, Cr, Cu, Pb, Zr, Rb, Ni, Be, Sr, Si, Al, P, S, Cl, K. En su fracción arcilla: Fe, Ti, Cr, Mn, Zn, Cu, Pb, Zr, Rb, Ni, Si, Al, P, S, Cl, K.

En la muestra SE2: Fe, Ti, Cr, Mn, Zn, Cu, Pb, Zr, Rb, Ni, Sr, Si, Al, P, S, Cl, K, Ca. En la fracción arcilla: Fe, Ti, Cr, Mn, Zn, Cu, Zr, Rb, Ni, Sr, Cb, Al, P, S, Cl, K, Ca. La intensidad del pico del azufre es sensiblemetne mayor en la fracción total debido a la presencia de sulfuros en la fracción arena.

En la muestra SE3: Fe, Ti, Cr, Mn, Zn, Zr, Rb, Co, Ni, Cb, Sr, Si, Al, P, S, Cu, K, Ca, Ba.

En la fracción arcilla: Fe, Ti, Cr, Mn, Zn, Cu, Zr, Rb, Ni, Sr, Si, Al, P, S, Cu, K, Ca.

El pico correspondiente a S es más intenso en la fracción total que en la fracción arci lla, pero la diferencia es menor que en el caso de la muestra 2. Ello es debido a que existen sulfuros en la fracción mayor a 50μ, pero existen, asimismo, sulfatos en la inferior a 2μ.

7. *Características cerámicas.*

I. De las arcillas en crudo.

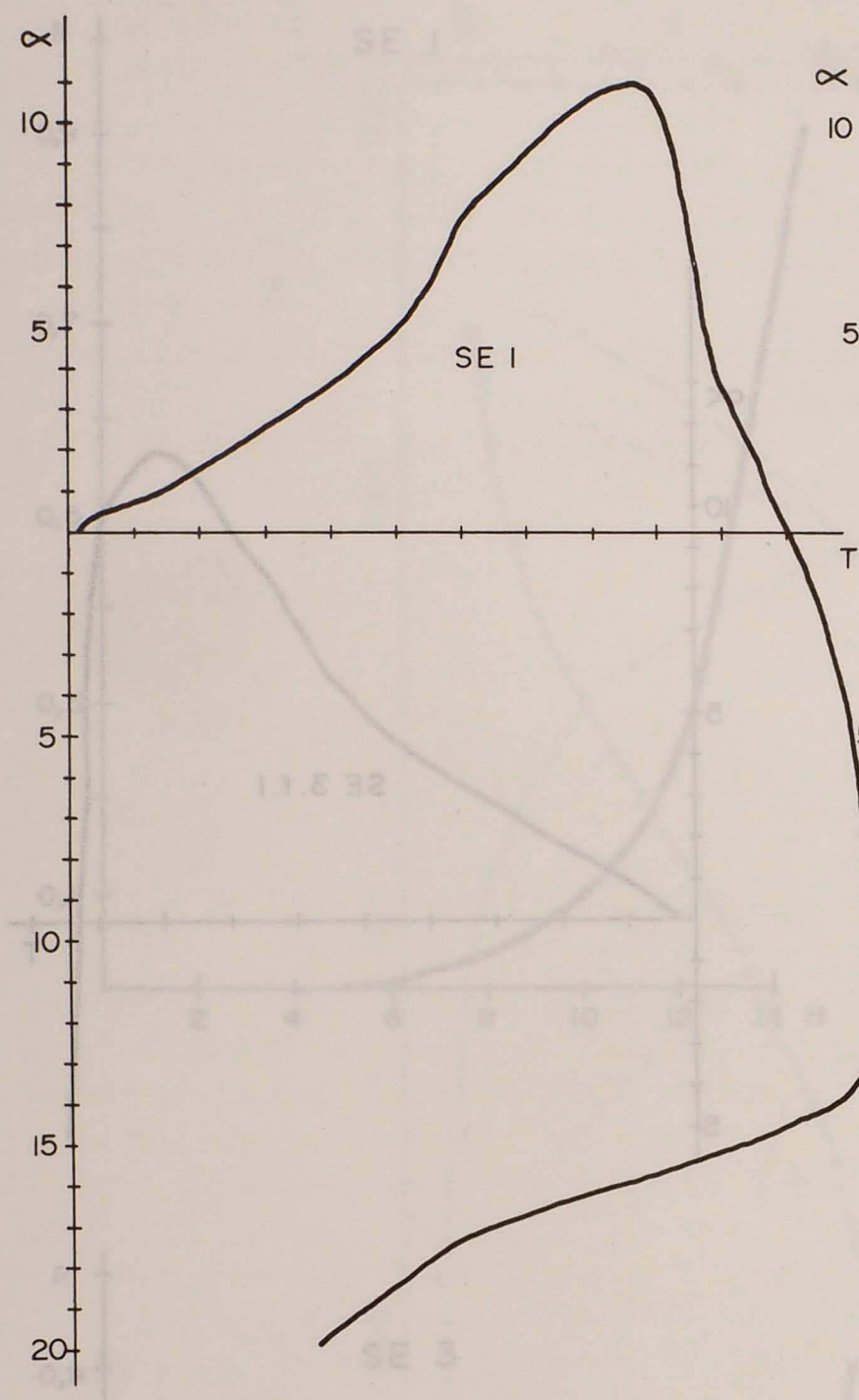
1. Plasticidad por los límites de Attenberg.

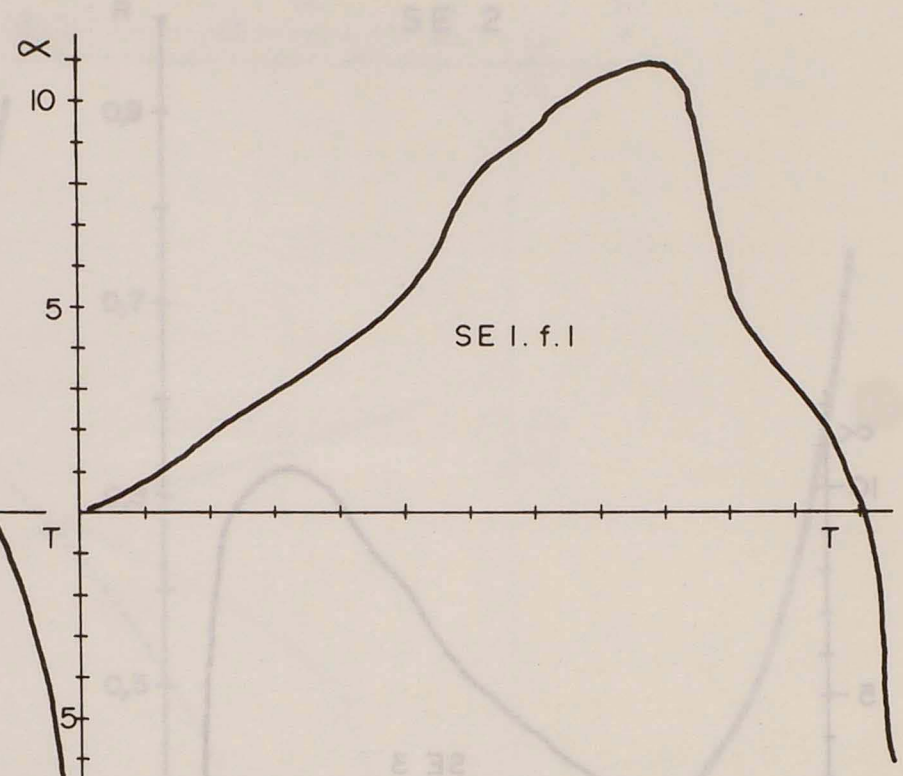
En el siguiente cuadro se señalan los valores obtenidos en las muestras que hemos venido analizando en detalle:

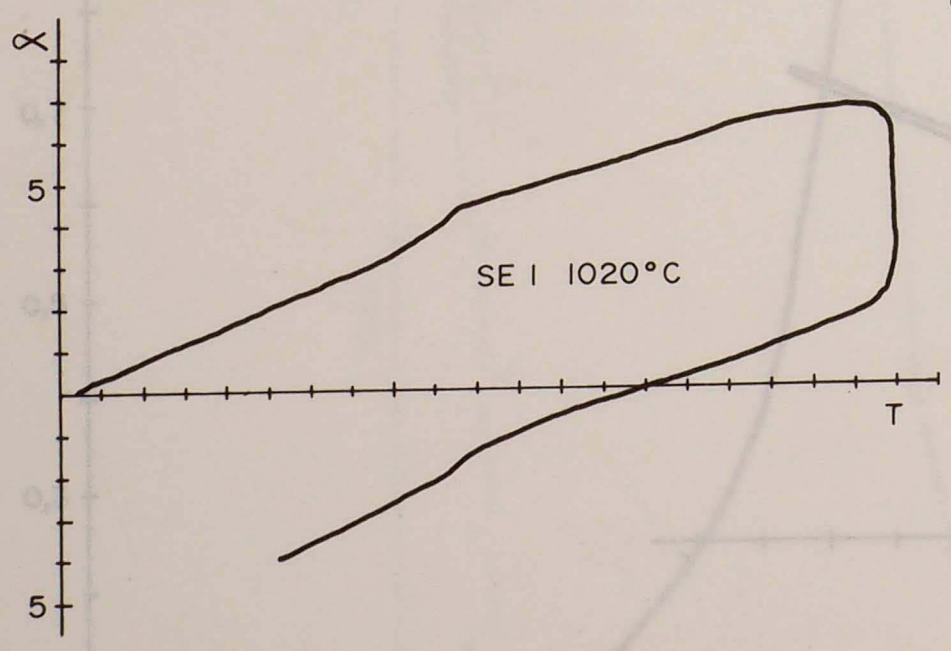
	LL	*LP*	*IP*
SE0	31	19	12
SE0 (f1)	33	31	12
SE1	34	21	13
SE1 (f1)	36.5	21.5	15
SE2	53.5	35	24
SE2f (1)	76	35	41
SE3	34	22.5	11.5
SE3f (1)	48	27	21

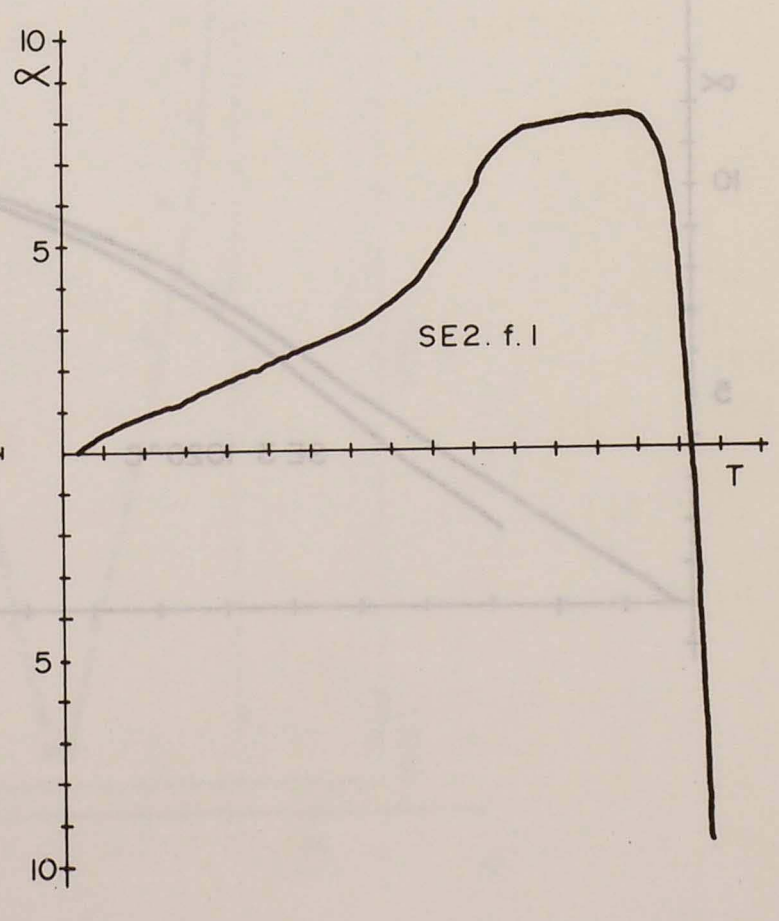
Las determinaciones se han efectuado según norma NLT 105/72, 106/72.

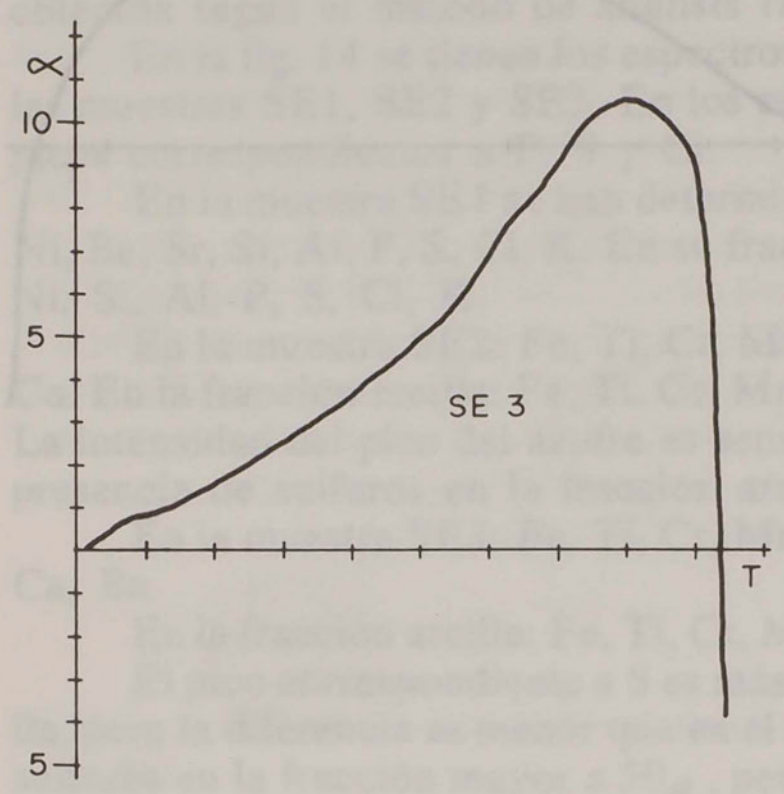
En un diagrama de Casagrande (IP frente a LL) puede apreciarse la proximidad de los puntos representativos de SE0 y SE0 (f1), así como SE1 y SE1 (f1), como consecuencia del alto contenido en minerales arcillosos.

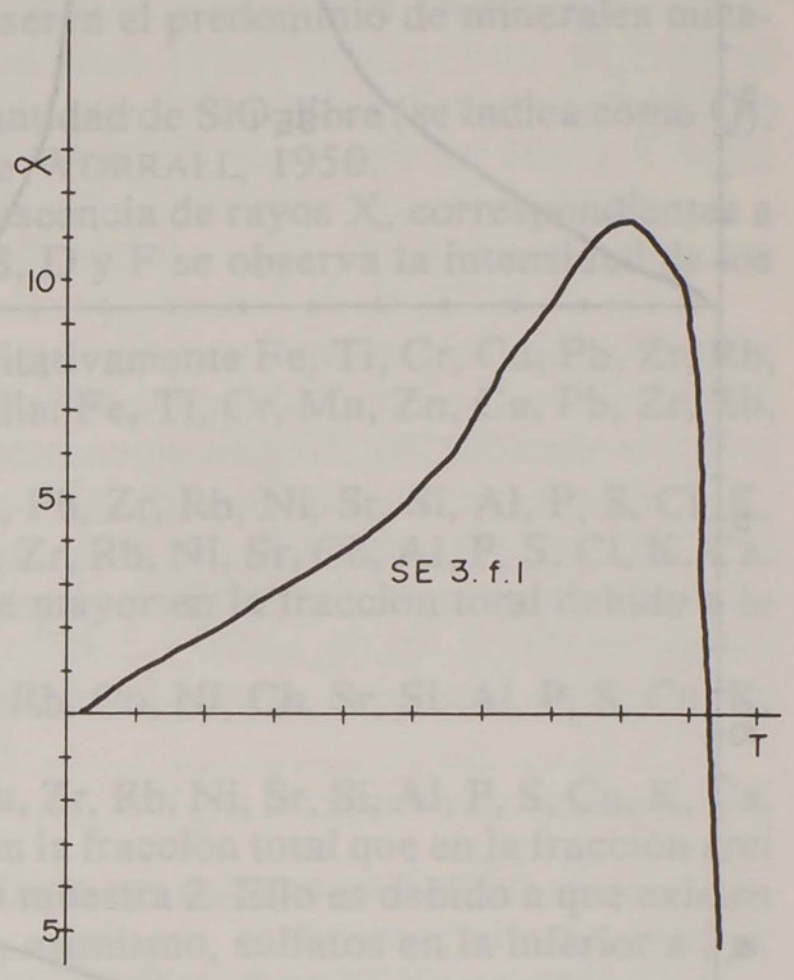

α
10
5
SE I
T
5
10
15
20

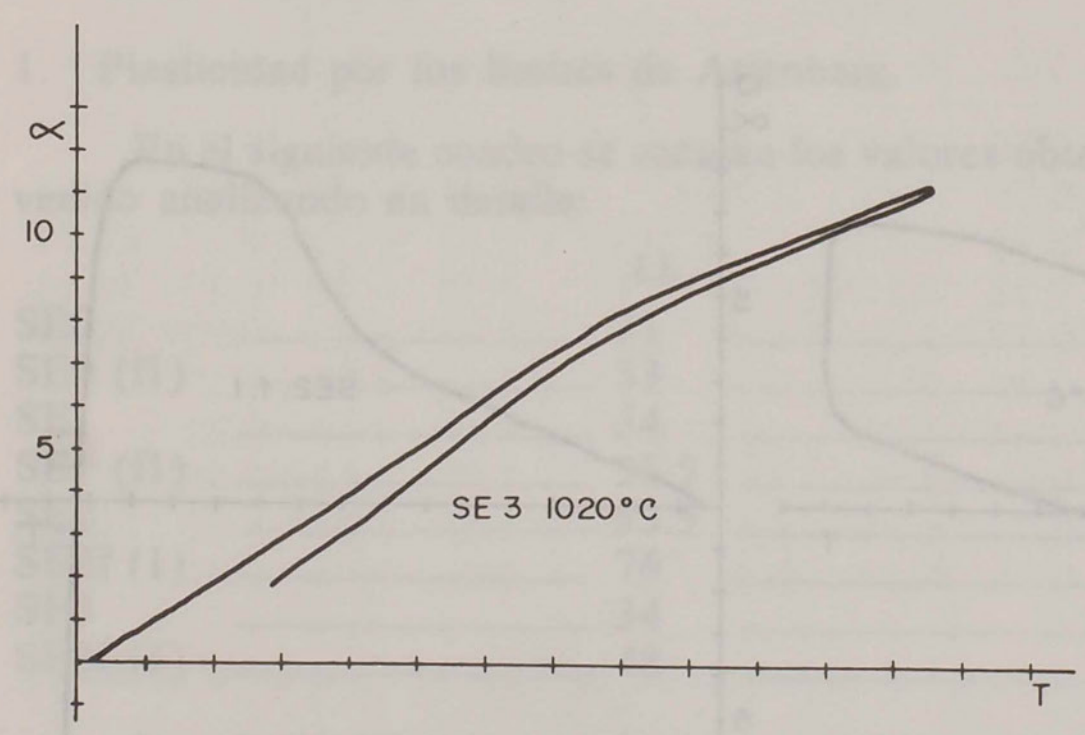

α
10
5
SE I. f. I
T
5

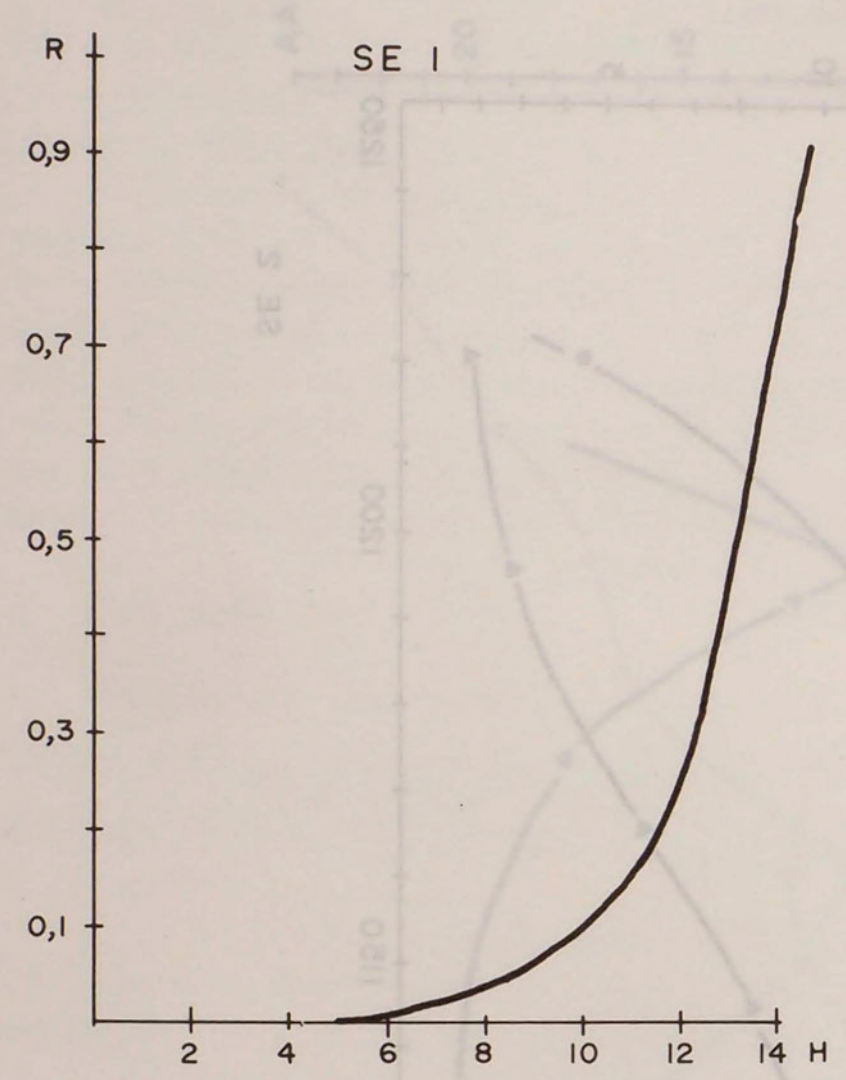

α
5
SE I 1020°C
T
5

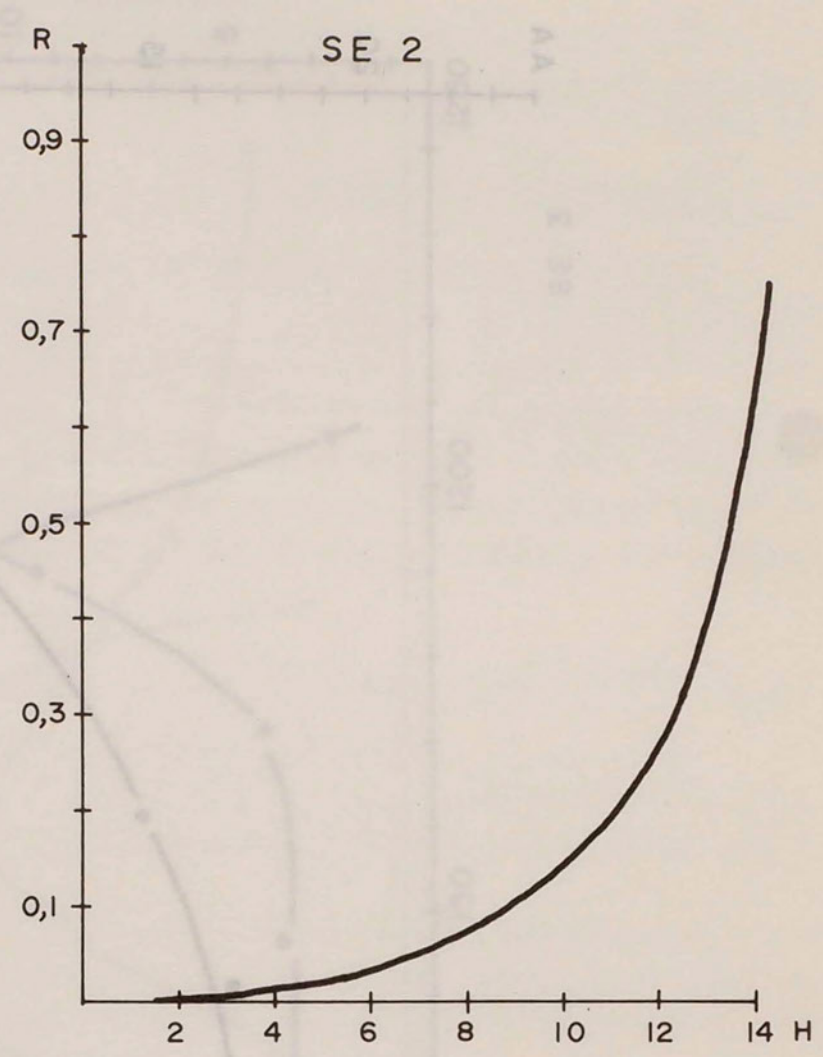

10
α
5
SE2. f. I
T
5
10

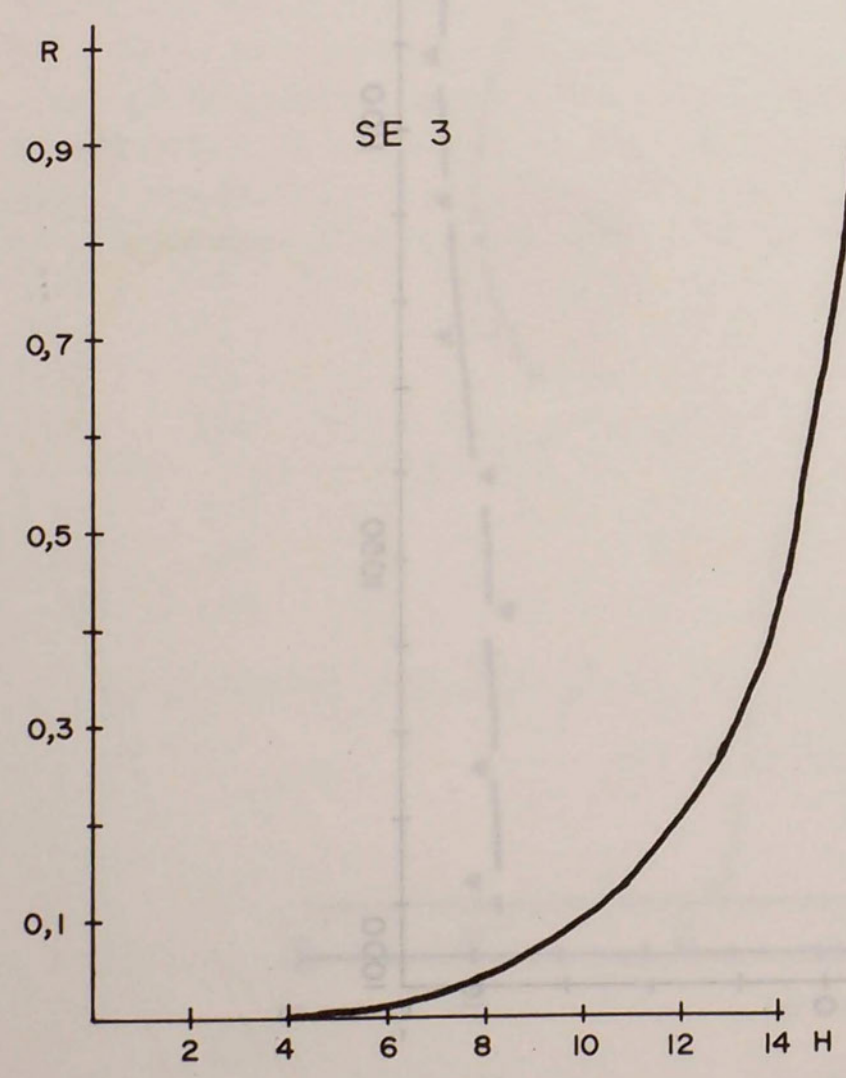

α
10
5
5
SE 3
T

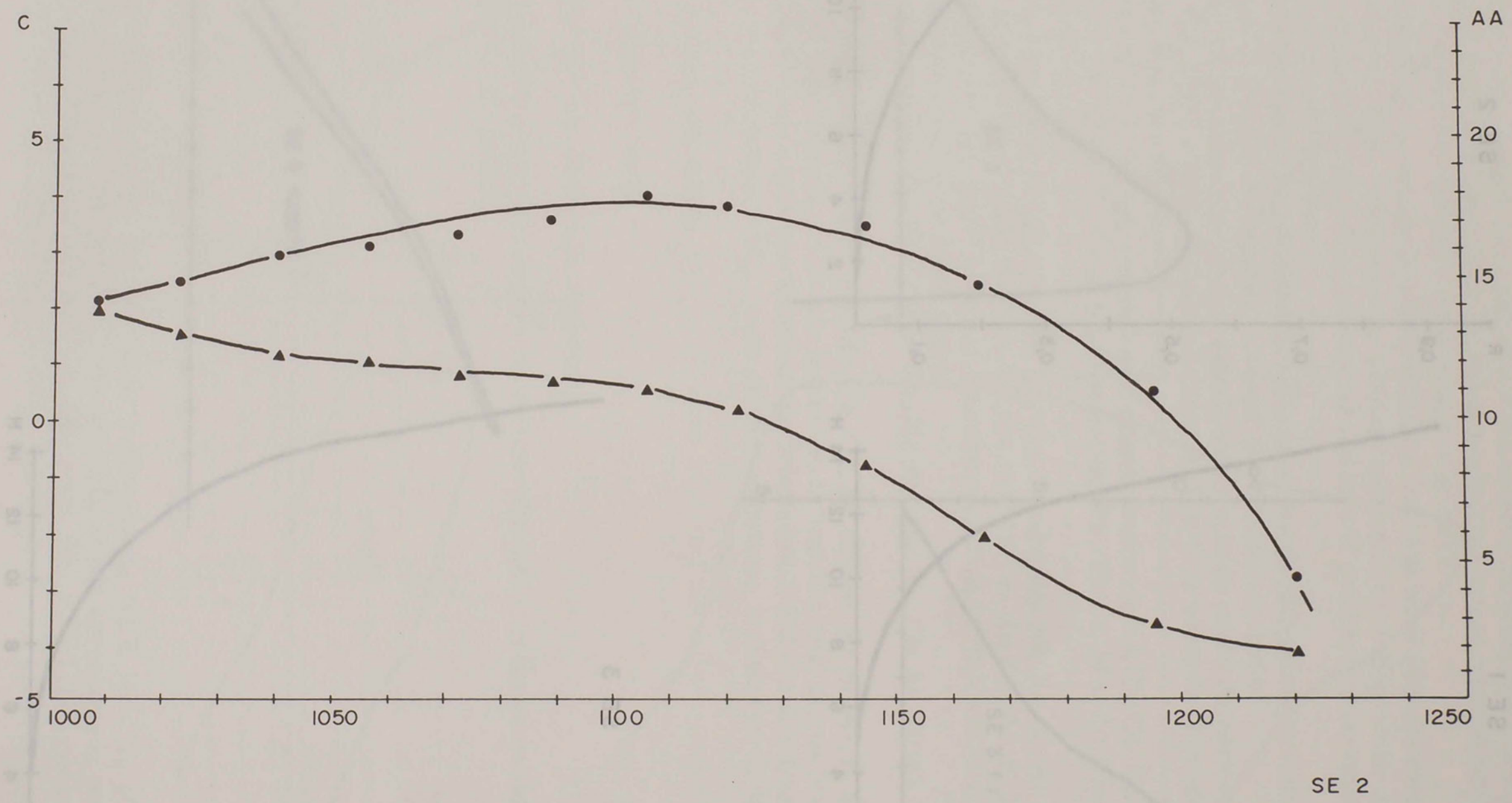

α
10
5
5
SE 3. f. I
T

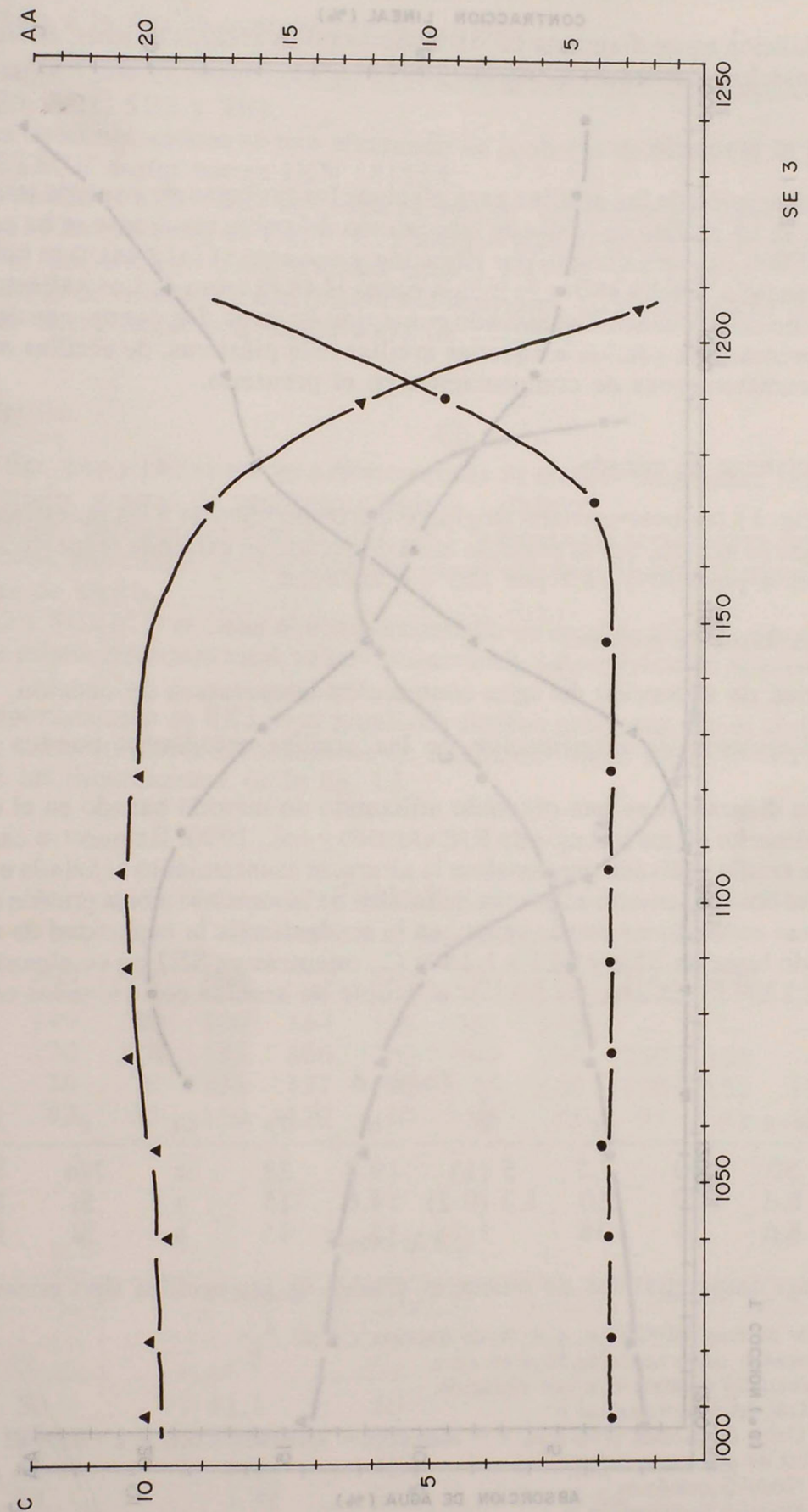

α
10
5
SE 3 1020°C
T

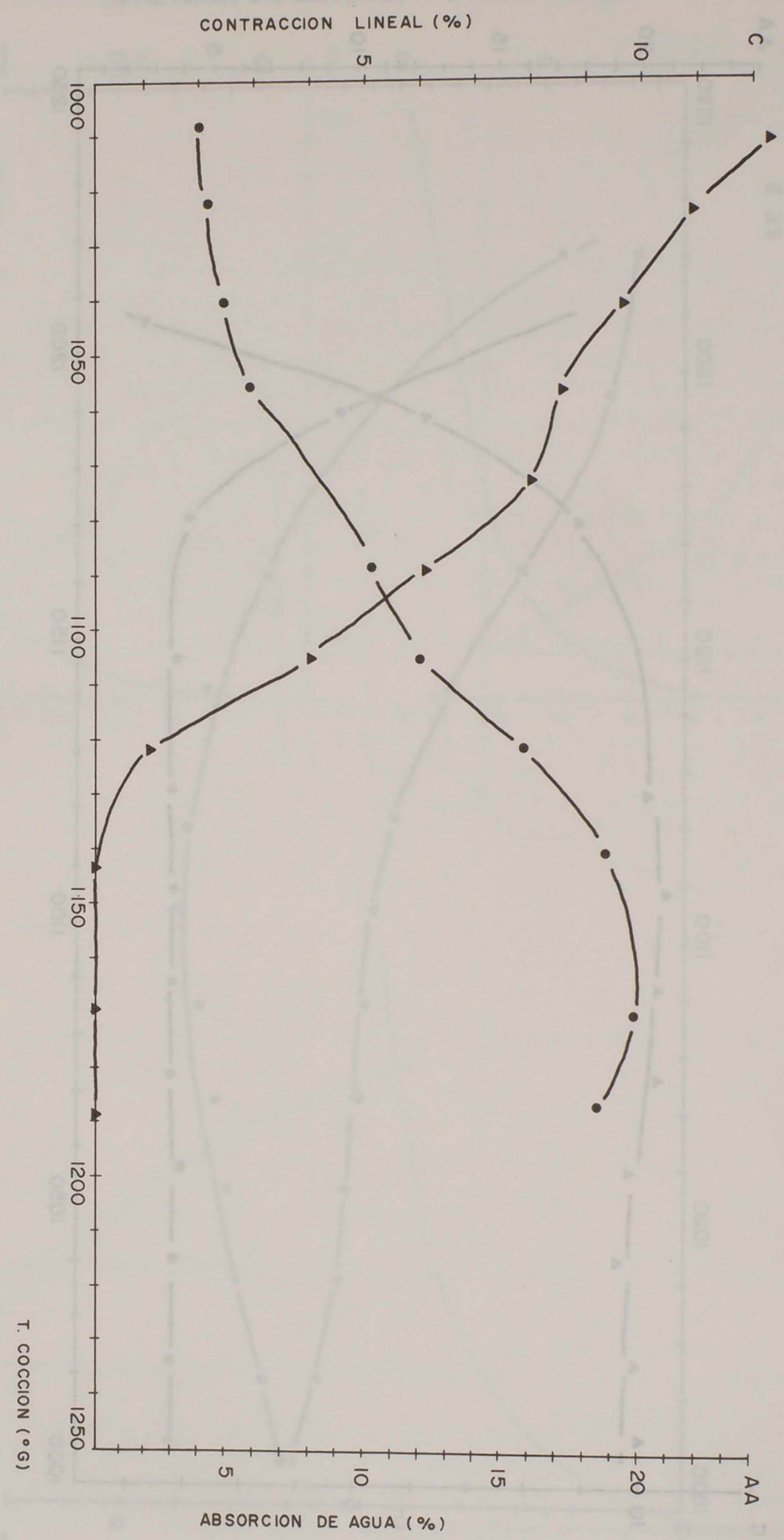

SE 1
R
0,9
0,7
0,5
0,3
0,1
2
4
6
8
10
12
14
H

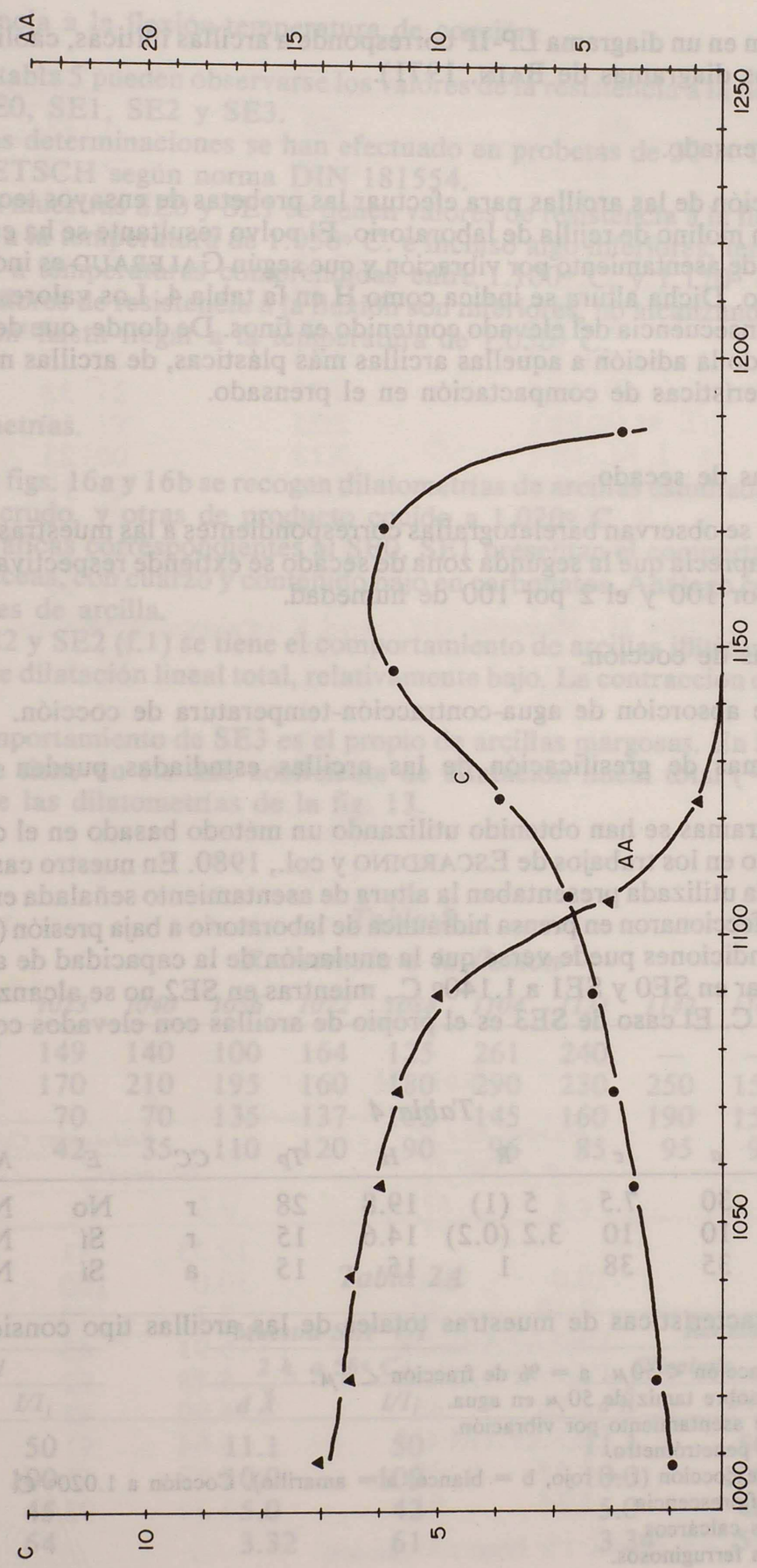

SE 2
R
0,9
0,7
0,5
0,3
0,1
2
4
6
8
10
12
14
H


SE 3
R
0,9
0,7
0,5
0,3
0,1
2
4
6
8
10
12
14
H


C
5
0
-5
AA
20
15
10
5
1000
1050
1100
1150
1200
1250
SE 2


AA
20
15
10
5
C
10
5
1000
1050
1100
1150
1200
1250
SE 3


CONTRACCION LINEAL (%)
C
5
10
1000
1050
1100
1150
1200
1250
T. COCCION (°G)
5
10
15
20
AA
ABSORCION DE AGUA (%)


AA
20
15
10
5
C
10
5
1000
1050
1100
1150
1200
1250
SE I
C
AA

La ubicación en un diagrama LP-IP corresponde a arcillas illíticas, caoliníticas o sus mezclas (véase los diagramas de BAIN, 1971).

2. Aptitud al prensado.

La molturación de las arcillas para efectuar las probetas de ensayos tecnológicos se ha efectuado en un molino de rejilla de laboratorio. El polvo resultante se ha caracterizado mediante la altura de asentamiento por vibración y que según GALERAUD es indicativo de la aptitud al prensado. Dicha altura se indica como H en la tabla 4. Los valores en SE1 son elevados, como consecuencia del elevado contenido en finos. De donde, que desde el punto de vista de prensado la adición a aquellas arcillas más plásticas, de arcillas más arenosas mejore sus características de compactación en el prensado.

3. Características de secado.

En la fig. 11 se observan barelatografías correspondientes a las muestras SE1, SE2 y SE3 en los que se aprecia que la segunda zona de secado se extiende respectivamente hasta 5 por 100, el 4 por 100 y el 2 por 100 de humedad.

4. Características de cocción.

a) Capacidad de absorción de agua-contracción-temperatura de cocción.

Los diagramas de gresificación de las arcillas estudiadas pueden verse en la fig. 12.

Dichos diagramas se han obtenido utilizando un método basado en el de STONE, y que ha sido descrito en los trabajos de ESCARDINO y col., 1980. En nuestro caso particular los polvos de arcilla utilizada presentaban la altura de asentamiento señalada en la tabla 7 y las probetas se confeccionaron en prensa hidráulica de laboratorio a baja presión (30 Kg/cm^2).

En estas condiciones puede verse que la anulación de la capacidad de absorción de agua ha tenido lugar en SE0 y SE1 a 1.140° C., mientras en SE2 no se alcanza este resultado hasta 1.220° C. El caso de SE3 es el propio de arcillas con elevados contenidos en carbonatos.

Tabla 4

Muestra	*a+L*	*a*	*c*	*R*	*H*	*Tp*	*CC*	*E*	*NC*	*NF*
SE1	50	30	7.5	5 (1)	19.8	28	r	No	No	No
SE2	h.d	10	10	3.2 (0.2)	14.6	15	r	Sí	No	No
CSE3	h.d	35	38	1	15	15	a	Sí	No	No

Algunas características de muestras totales de las arcillas tipo consideradas.

a+L = % de fracción $< 50\mu$. a = % de fracción $< 2\mu$.
R = Rechazo sobre tamiz de 50μ en agua.
H = Altura de asentamiento por vibración.
Tp = Test del penetrómetro.
CC = Color de cocción (r = rojo, b = blanco, a = amarillo). Cocción a 1.020° C.
E = Test de eflorescencia.
NC = Nódulos calcáreos.
NF = Nódulos ferruginosos.

b) Resistencia a la flexión-temperatura de cocción.

En la tabla 5 pueden observarse los valores de la resistencia a la flexión en cocido de muestras SE0, SE1, SE2 y SE3.

Dichas determinaciones se han efectuado en probetas de 30 × 10 × 2 mm^3 en un aparato NIETSCH según norma DIN 181554.

En las muestras SE0 y SE1 se tienen valores de resistencia a la flexión superiores a 200 Kg/cm^2 a la temperatura de 1.050° C. e incluso algo inferiores, teniéndose los máximos valores a temperaturas comprendidas entre 1.100° C. y 1.170° C.

Los valores de resistencia a la flexión son inferiores, no alcanzándose los superiores a 100 Kg/cm^2 hasta llegar a la temperatura de 1.050° C.

c) Dilatometrías.

En las figs. 16a y 16b se recogen dilatometrías de arcillas estudiadas; unas partiendo de material crudo, y otras de producto cocido a 1.020° C.

Las gráficas correspondientes al SE0, SE1 presentan el comportamiento propio de arcillas micáceas, con cuarzo y contenido bajo en carbonatos. Análogo comportamiento en sus fracciones de arcilla.

En SE2 y SE2 (f.1) se tiene el comportamiento de arcillas illíticas margosas con un coeficiente de dilatación lineal total, relativamente bajo. La contracción diferencial final es atenuada.

El comportamiento de SE3 es el propio de arcillas margosas. En la arcilla cocida a 1.020° C. se tiene un elevado coeficiente de dilatación lineal total ($\alpha = 1.5 \times 10^{-5}$).

Véanse las dilatometrías de la fig. 13.

Tabla 5

Resistencia a la flexión

Muestra	*1007*	*1023*	*1040*	*1056*	*1072*	*1088*	*1104*	*1121*	*1142*	*1164*	*1186*	*1205*
SE0	148	149	140	100	164	125	261	240	—	—	—	—
SE1	162	170	210	195	160	180	290	230	250	150	—	—
SE2	43	70	70	135	137	102	145	160	190	152	130	111
SE3	40	42	35	110	120	90	96	85	95	92	100	108

Tabla 2A

D.A.O.		*Muestra SE1 + 1*		*Radiad: Co K∝*		
Normal		*2 h. a 55° C.*		*Glicolado*		*Det.*
d Å	*I/I_1*	*d Å*	*I/I_1*	*d Å*	*I/I_1*	
11.1	50	11.1	50	11.1	50	Int
10.0	100	10.0	100	10.0	100	I
5.0	45	5.0	42	5.0	48	I
3.32	64	3.32	61	3.34	51	I

Tabla 2B

D.P.			Muestra SE1 fl	Radiac: Cu K∝	
d Å	I/I₁	Det.	d Å	I/I₁	Det.
10.1	50	I, M	2.99	33	I, M
5.02	32	I, M	2.86	25	I, M
4.50	45	I, M (k)	2.80	21	S
4.36	27	I, M	2.57	52	I, M (k)
4.26	29	Q, I, M	2.50	20	I, M (k)
4.08	25	I	2.46	20	I, M (Q)
3.96	25	I, M	2.40	25	I, M
3.89	30	F	2.35	33	M
3.74	30	I, M (k) (F)	2.25	15	I, M, K
3.50	35	I, M (k)	2.13	23	Q (k), S
3.34	100	I, M, Q (k)	2.00	12	M (k)
3.25	37	I, M	1.99	27	I, M
3.22	37	F	1.82	12	Q, M
			1.73	10	S

In × Interestratificadas; I × Illita; M × Moscovita; Q × Cuarzo; K × Caolinita; S × Siderita.

Tabla 2E

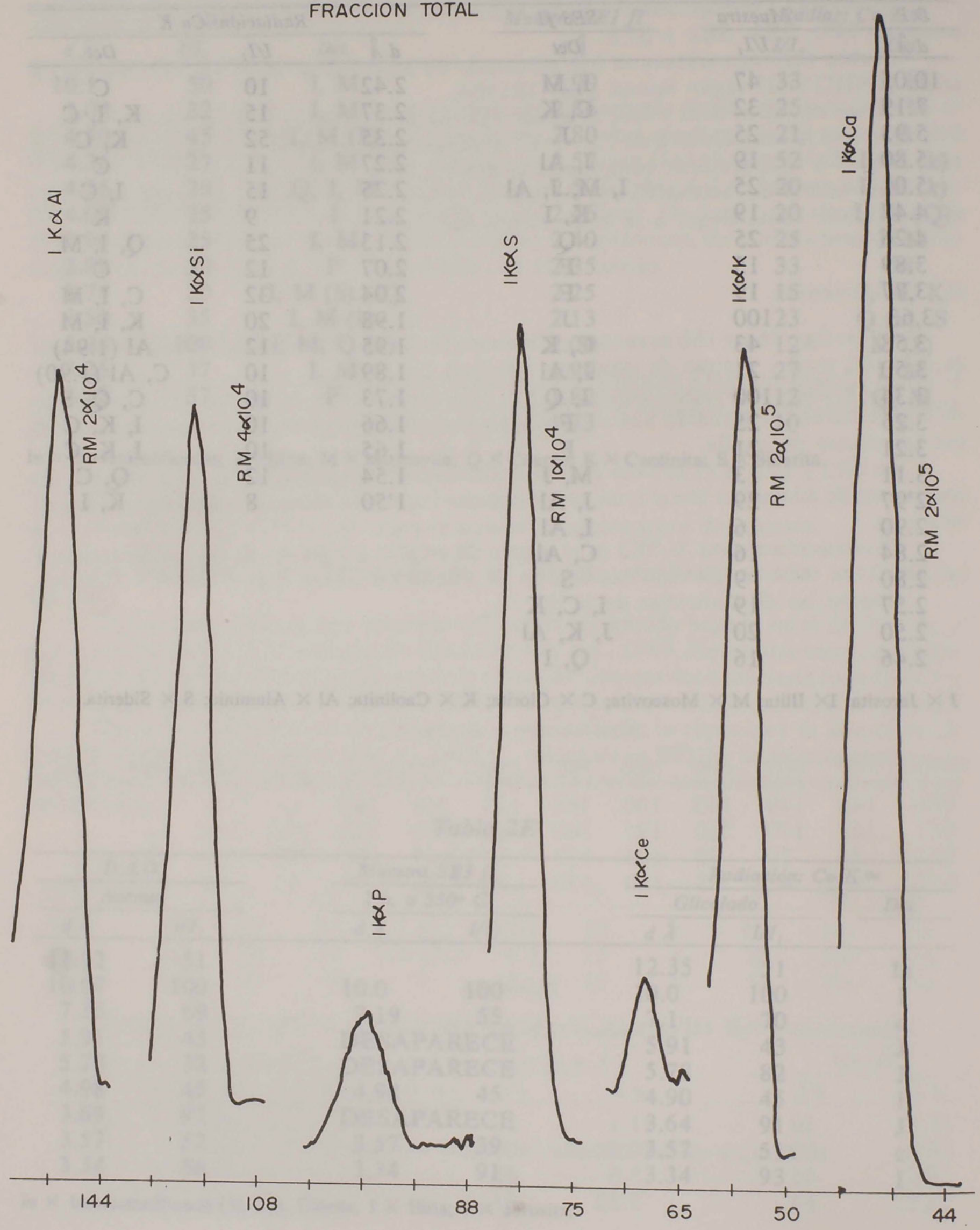
D.A.O.		Muestra SE3 fl		Radiación: Co K∝		
Normal		2 h. a 550º C.		Glicolado		Det.
d Å	I/I₁	d Å	I/I₁	d Å	I/I₁	
11.92	51			12.35	51	In
10.07	100	10.0	100	10.0	100	I
7.16	69	7.19	55	7.1	70	c
5.91	43	DESAPARECE		5.91	43	J
5.78	32	DESAPARECE		5.78	82	J
4.98	45	4.98	45	4.90	45	I
3.69	97	DESAPARECE		3.64	91	J
3.57	52	3.57	39	3.57	51	c
3.34	86	3.34	91	3.34	93	I

In × Interestratificado (?); c × Clorita; I × Illita; J × Jarosita.

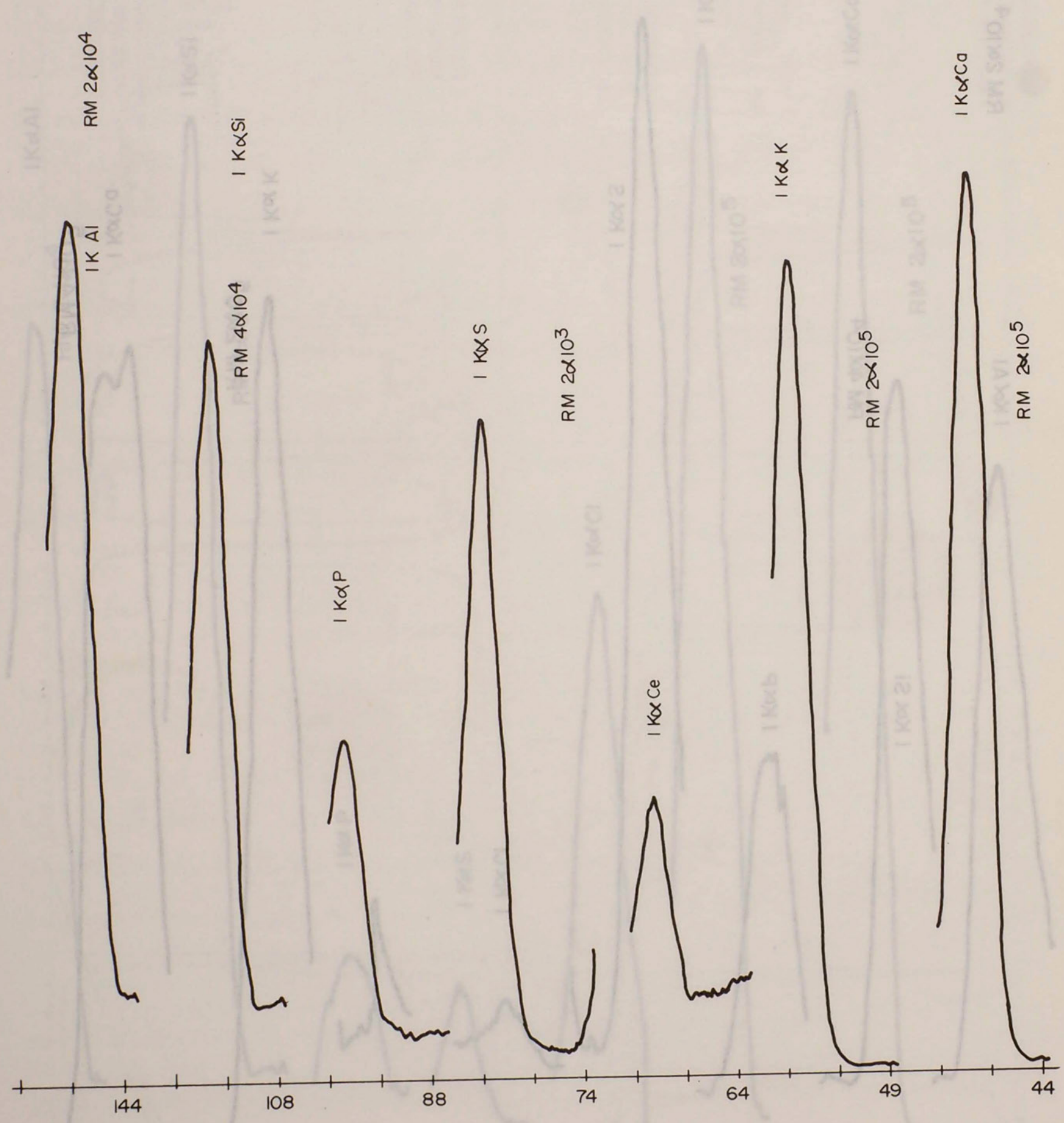
Tabla 2C

D.P.	*Muestra*	*SE3 fl*	*Radiación: Cu K*		
d Å	*I/I₁*	*Det*	*d Å*	*I/I₁*	*Det*
10.05	47	I, M	2.42	10	C
7.19	32	C, K	2.37	15	K, I, C
5.93	25	J	2.35	52	K, C
5.80	19	J, Al	2.27	11	C
5.01	25	I, M, J, Al	2.25	15	I, C
4.47	19	K, I	2.21	9	K
4.26	25	Q	2.13	25	Q, I, M
3.89	15	F	2.07	12	C
3.77	19	F	2.04	32	C, I, M
3.63	100	J	1.98	20	K, I, M
3.58	43	C, K	1.95	12	Al (1.94)
3.50	21	J, Al	1.89	10	C, Al (1.90)
3.34	100	I, Q	1.73	10	C, Q, S
3.25	25	F	1.66	10	I, K, C
3.21	21	F	1.65	10	I, K, C
3.11	13	M, J	1.54	12	Q, C
2'97	29	J, Al	1'50	8	K, I
2.90	16	I, Al			
2.84	16	C, Al			
2.80	9	S			
2.57	19	I, C, K			
2.50	20	J, K, Al			
2.46	16	Q, I			

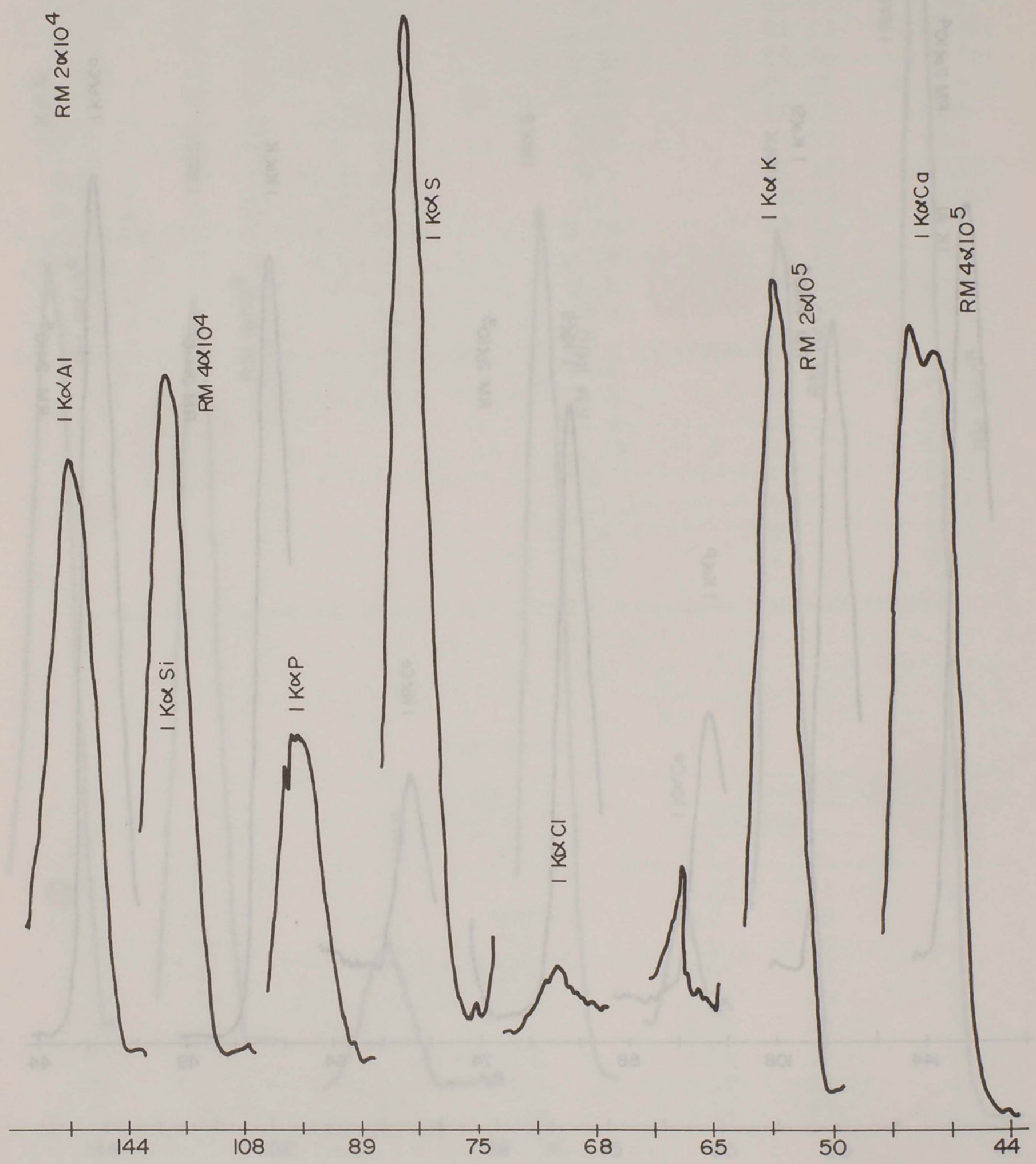
J × Jarosita; I× Illita; M × Moscovita; C × Clorita; K × Caolinita; Al × Aluminio; S × Siderita.

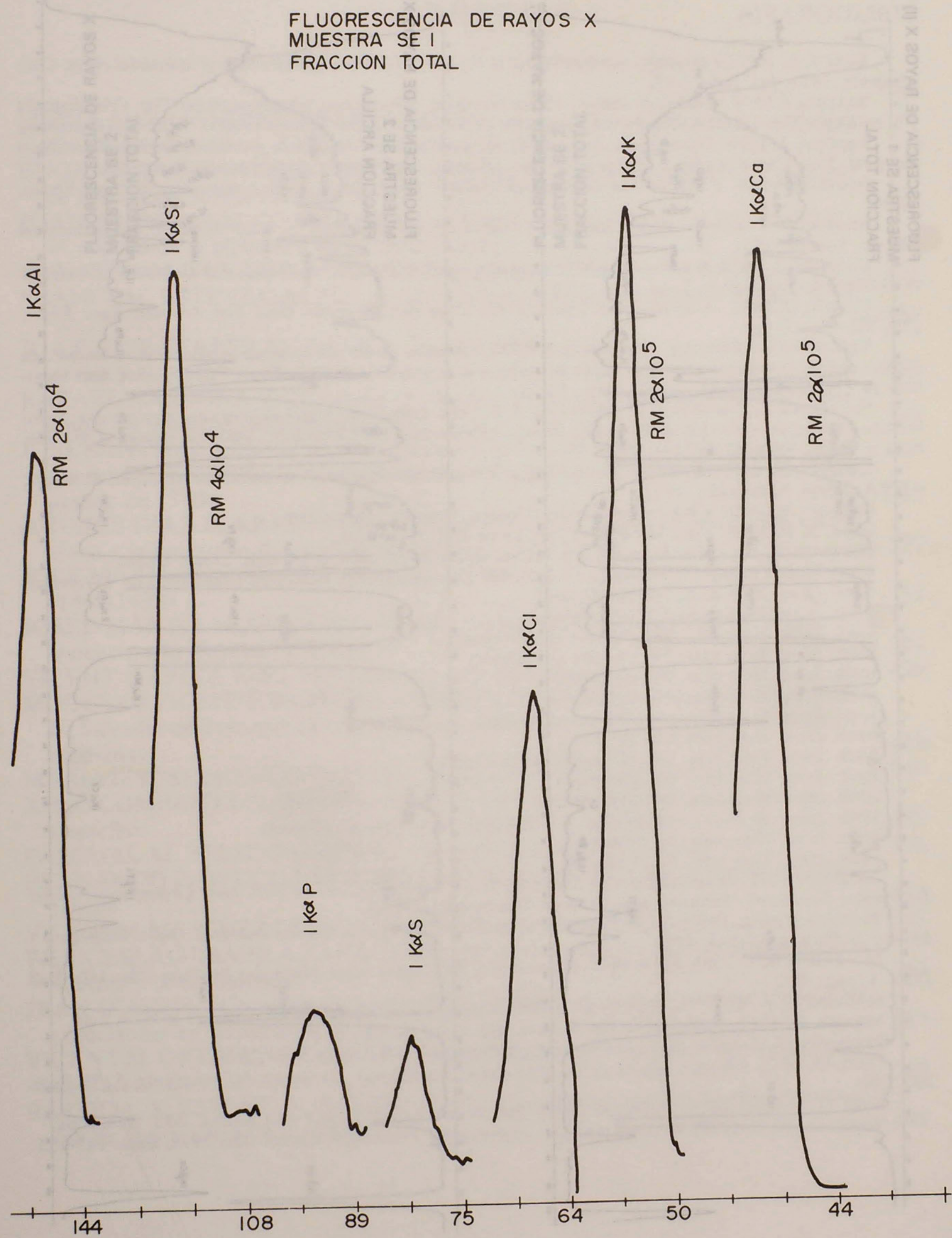

FLUORESCENCIA DE RAYOS X
MUESTRA SE 2
FRACCION TOTAL
I Kα Al
RM 2×10⁴
I Kα Si
RM 4×10⁴
I Kα P
I Kα S
RM 1×10⁴
I Kα Ce
I Kα K
RM 2×10⁵
I Kα Ca
RM 2×10⁵
144
108
88
75
65
50
44

FLUORESCENCIA DE RAYOS X
MUESTRA SE 2
FRACCION ARCILLA

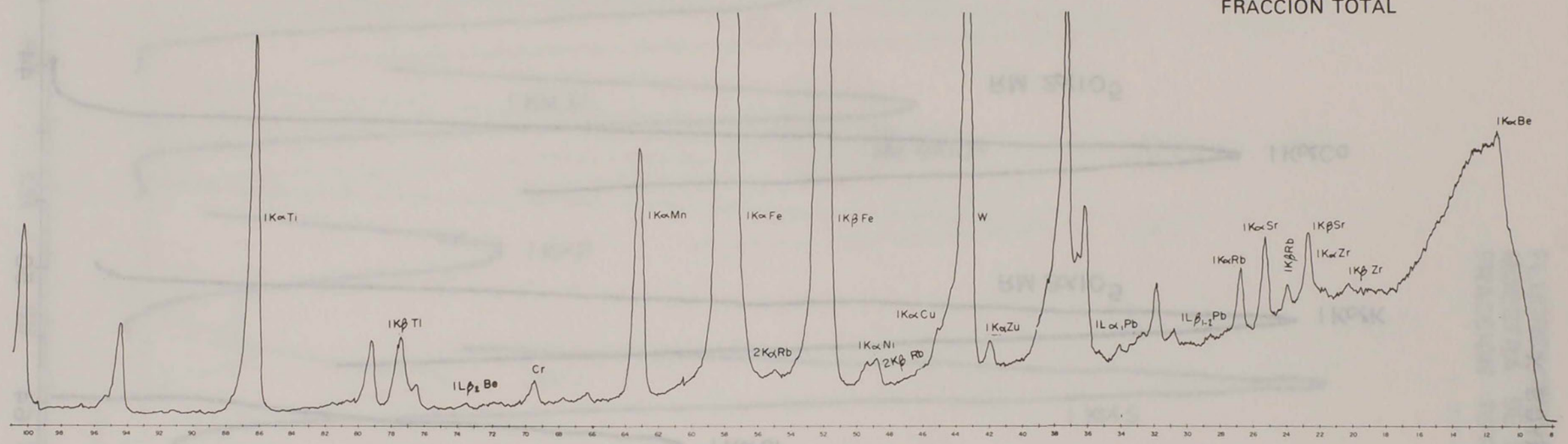


FLUORESCENCIA DE RAYOS X
MUESTRA SE 3
FRACCION TOTAL

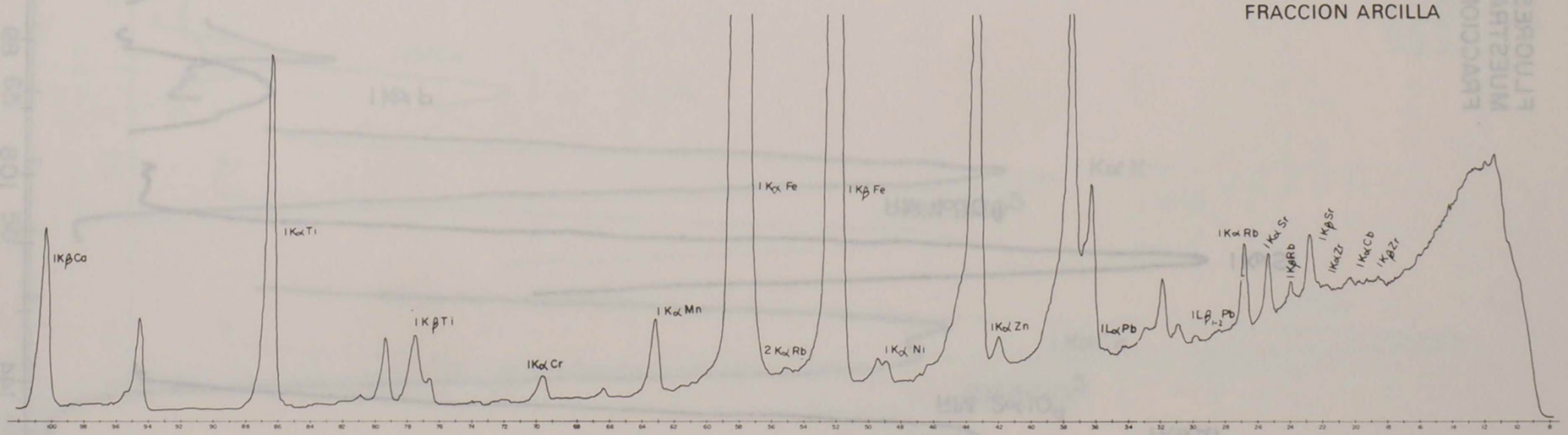



FLUORESCENCIA DE RAYOS X
MUESTRA SE I
FRACCION TOTAL
I KαAl
RM 2α10⁴
I KαSi
RM 4α10⁴
I Kα P
I Kα S
I KαCl
I KαK
RM 2α10⁵
I KαCa
RM 2α10⁵
144
108
89
75
64
50
44

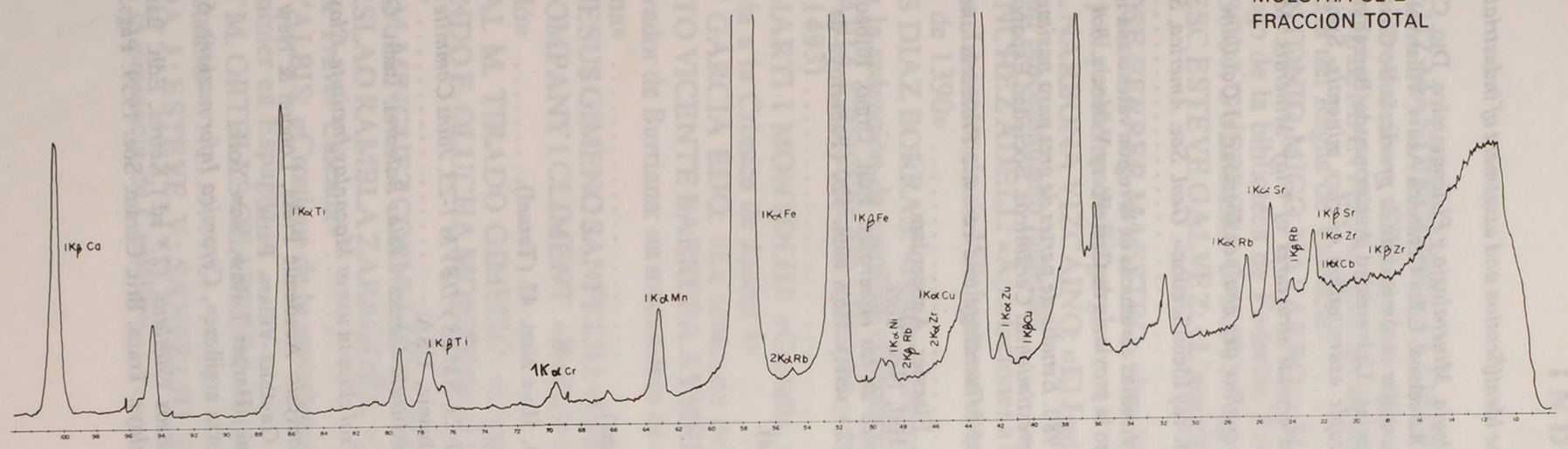
FLUORESCENCIA DE RAYOS X (I)
MUESTRA SE 1
FRACCION TOTAL



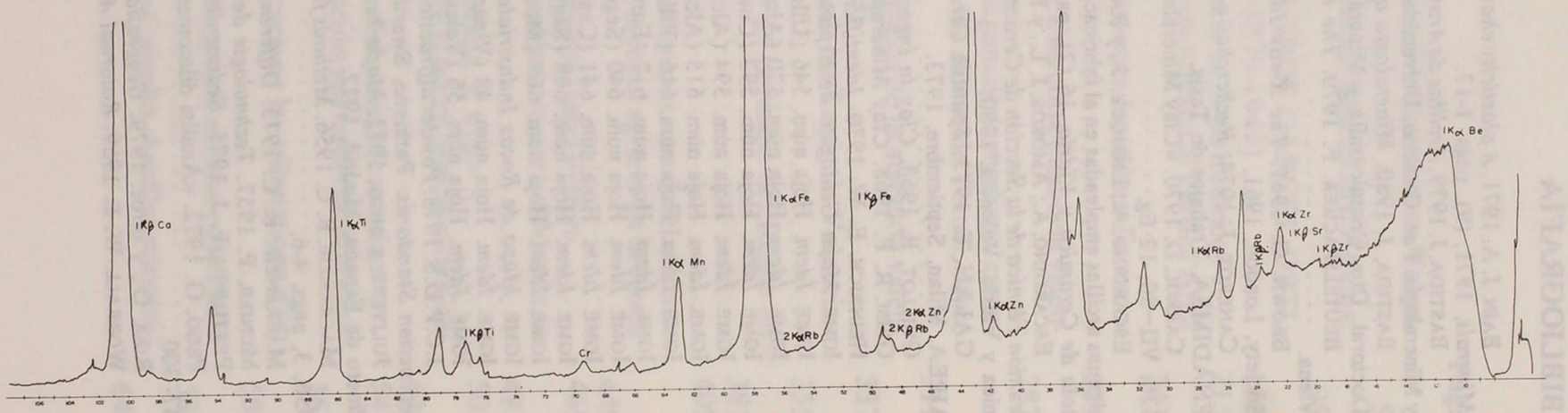
FLUORESCENCIA DE RAYOS X
MUESTRA SE 2
FRACCION ARCILLA



FLUORESCENCIA DE RAYOS X
MUESTRA SE 2
FRACCION TOTAL



FLUORESCENCIA DE RAYOS X
MUESTRA SE 2
FRACCION TOTAL



BIBLIOGRAFÍA

BAÍN, J. A. 1971. *A plasticity chart as an aid to the identification and assesment of industrial clays. Clay Minerals,* 1971, (9), págs. 1-17.

BASTIDA, J. 1979. *Arcillas de Araya y Villar: Geología, Mineralogía y Fisicoquímica.* Dto. Cristalografía y Mineralogía. Fac. Ciencias, Universidad Autónoma de Barcelona. Edita Cerámica Azuvi. Villarreal (Castellón).

BASTIDA, J. 1980. *Mineralogía aplicada de las arcillas cerámicas de la provincia de Castellón.* Tesis Doctoral. Dto. Cristalografía y Mineralogía. Fac. Ciencias, Universidad Autónoma de Barcelona.

BEUTELSPACHER, F. 1970. *The electron microscopic examination of clay minerals.* Springer-Verlag, Viena.

BROWN, G. 1961. *The X-ray Identification and crystal structures of Clay Minerals.* Mineralogical Society, London, 1961.

CANEROT, J. 1974. *Recherches geologiques aux confins des chaines Iberique et Catalane (Espagne).* ENADIMSA, Trabajos de Tesis.

CARROL, D. 1970. «Clay Minerals: a guide to the X-ray identification». *Geol. Soc. America, Spec. Paper,* 126, VII–80, 12 fig.

ESCARDINO, A.; ENRIQUE, J., y RAMOS, E. 1977. «Arcillas cerámicas de la región valenciana I. Estudio de algunas arcillas empleadas en al fabricación de azulejos en la provincia de Castellón y Valencia. *Bol. Soc. Española de Cerámica y Vidrio,* 16 (2), págs. 83-90.

ESCARDINO, A.; AMORÓS, J. L., y ENRIQUE, J. E. 1980. *Estudio de partes de gres para pavimentos. Sexta reunión Técnica de la Sección de Cerámica Blanca y Revestimientos Cerámicos.* Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, Valencia, 1980.

GALAN, E. 1973. *Spanish Ceramic clays. Clay Mineralogy and ceramic Processes and Products.* AIPEA, Milán, Septiembre, 1973.

GUILLOT, R. 1968. *Clay in ingeniering Geology.* Elsevier, Amsterdam.

GRIM, R. F. 1968. *Clay Mineralogy.* Mc Graw-Hill, New York.

HEINRICH, E. W. 1970. *Identificación microscópica de los minerales.* Edit. Urmo, Bilbao.

IGME. *Mapa Geológico de España.* E:1/50.000 (2.ª serie). Hoja núm. 520 (Pañarroya de Tartavins).

IGME. *Ídem.* Hoja núm. 546 (Ulldecona).

IGME. *Ídem.* Hoja núm. 570 (Alcocéber).

IGME. *Ídem.* Hoja núm. 593 (Cuevas de Vinromá).

IGME. *Ídem.* Hoja núm. 594 (Alcalá de Chivert).

IGME. *Ídem.* Hoja núm. 615 (Alcora).

IGME. *Ídem.* Hoja núm. 616 (Villafamés).

IGME. *Ídem.* Hoja núm. 617 (Faro de Oropesa).

IGME. *Ídem.* Hoja núm. 640 (Segorbe).

IGME. *Ídem.* Hoja núm. 641 (Castellón de la Plana).

IGME. *Ídem.* Hoja núm. 668 (Sagunto).

IGME. *Ídem.* Hoja núm. 669 (Moncofar).

IGME. *Mapa de Rocas Industriales.* E:1/200.000. Hoja núm. 47 (Teruel).

IGME. *Ídem.* Hoja núm. 48 (Vinaroz).

IGME. *Ídem.* Hoja núm. 56 (Valencia).

J.C.P.D.S. 1978. *Powder diffraction file. Pubs: M-1-23, SM 28 y DBVM 1-23. Joint Commite on Powder Deffraction Standards.* Parklane, Swarthmores. Pennsylvania, USA.

JULIVERT, y otros. 1972. *Mapa Tectónico de la Península Ibérica e Islas Baleares.* Instit. Geológico y Minero de España, Madrid, 1972.

MACKENZIE, R. C. 1956. *Methods for separation of sol clays in use at Macanlay Institute. Clay Min.* Bull 1956, 3, págs. 4-6.

MACKENZIE, R. C. 1973. *Differential Thermal Analysis.* Academic Press, London & New York.

MUNIER, P. 1957. *Technologie des faïences.* Ed. Gauthier-Villars. París.

PETTIJHON, F. J. 1975. *Sedimentary rocks.* (3.ª ed.) Harper 7 Row, New York.

PEGO, G. 1972. «Analisi dilatometrica delle sostanza argillese». *Ceramica Informazione,* 5 (7). Págs. 287- 300.

RIBA, O., y otros. 1979. *Geografia Física dels Països Catalans.* (2.ª ed.) Ketres. Edit. Barcelona.

WORRALL, W. E. 1959. *Ratornal Analysis of fire clays.* Trans. Brit. Ceram. Soc. 1959. Págs. 145-153.