

## Neoformación de esmectitas magnésicas relacionadas con procesos de paleovertisolización en sedimentos fluvio-lacustres de la «Unidad intermedia del Mioceno» en la Cuenca de Madrid

M. POZO, J.L. MARTÍN DE VIDALES, R. VIGIL, J.A. MEDINA y S. LEGUEY

Departamento de Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. Cantoblanco. 28049 Madrid.

### RESUMEN

Se ha estudiado la evolución mineralógica y geoquímica de materiales correspondientes a la «Unidad Intermedia» del Mioceno de la cuenca de Madrid. Los resultados ponen de manifiesto la génesis de paleovertisoles como consecuencia de la neoformación de esmectitas trioctaédricas (saponita) ligadas a un ambiente fluvio-lacustre.

*Palabras clave:* Esmectitas trioctaédricas. Paleovertisol. Mioceno. Cuenca de Madrid.

### SUMMARY

The mineralogical and geochemical evolution of materials belonging to the «Unidad Intermedia» (Miocene age) from Madrid basin have been studied. Results point to a «paleovertisols» genesis with trioctahedral smectite neof ormation related to subaerial exposure stages in a lacustrine-palustrine environment. Paleoclimatic arid conditions are inferred.

*Key words:* Trioctahedral smectites. Paleovertisols. Miocene. Madrid basin.

### INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene por objeto la caracterización, génesis y evolución de fases esmectíticas en materiales detríticos con formación de paleosuelos, correspondientes a la «Unidad Intermedia» del Mioceno (Lomoschitz *et al.*, 1985), al sur de la cuenca de Madrid.

Bajo esta denominación, se incluye el conjunto sedimentario, aflorante a lo largo de la mayor parte de la cuenca, que queda comprendido entre los depósitos evaporíticos de la «Unidad Inferior» del Mioceno o Unidad Salina (García del Cura, 1979) y la Unidad Superior (Alberdi *et al.*, 1983) cuya base corresponde a depósitos

siliciclásticos de la «red fluvial intramiocena» de Capote y Carro (1968).

Desde un punto de vista mineralógico y sedimentológico, Doval *et al.* (1985) indican, en estos materiales, la presencia de filosilicatos magnésicos, asociados a un subambiente de llanura de fangos. Por otra parte, estos autores proponen como áreas fuente las rocas ígneas y metamórficas del Sistema Central, interpretando las acusadas diferencias mineralógicas observadas como debidas a las diferencias petrográficas en estas áreas fuente, lo que origina variaciones en la relación Si/Al en los minerales detríticos que llegan a la cuenca.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### *Localización y litología de los materiales.*

Los materiales estudiados se localizan en afloramientos de escasa potencia, en las cercanías del Polígono de Fuenlabrada (Madrid), concretamente en una de las trincheras del ferrocarril, frente al complejo de «Gas Butano» (fig. 1). Cartográficamente corresponden a las «arcillas y arenas micaceas verdes» de la «Unidad Intermedia» (Lomoschitz *et al.*, 1985). Se describe a continuación los tramos diferenciados (fig. 2, columna a), que de base a techo son:

*Tramo I* (F-1 a F-6). Está constituido por 1,10 m visibles de samitas a arcillas samíticas verdes, que se disponen en secuencias «fining-up», pudiéndose diferenciar niveles masivos y laminados (laminación paralela y cruzada). Destaca en estos niveles la presencia de bioturbación incipiente, así como de removilización de hierro, que

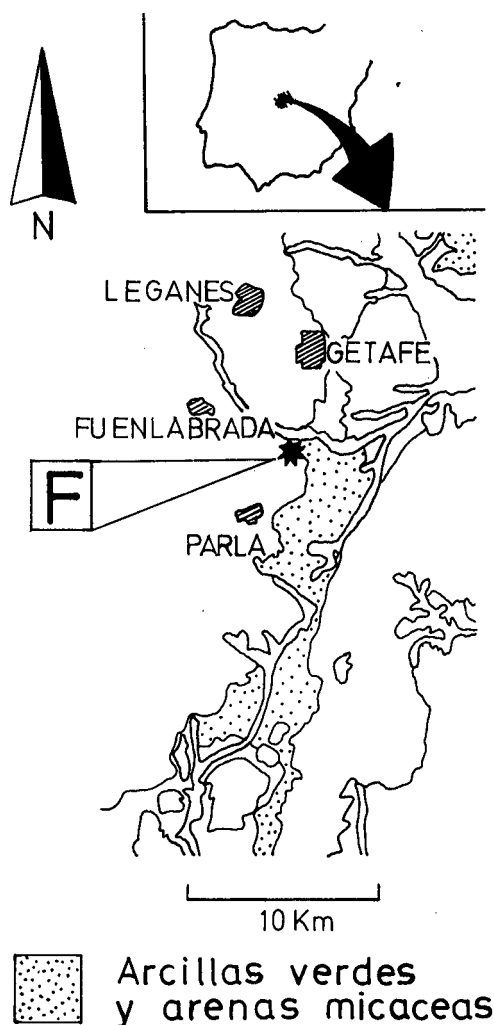


Figura 1. — Mapa de localización. Con el símbolo \* se señala la situación del corte estudiado.

Figure 1. — Location map. Symbol \* indicates the position of the studied cross section.

se dispone tanto disperso (manchas) como concentrado en finas láminas milimétricas. El estudio en detalle de estas zonas ferruginosas indica una procedencia del hierro a partir de la alteración de biotita.

**Tramo II (F-7 a F-12).** Se compone de 1,20 m de arcillas verdes pudiéndose diferenciar un episodio inferior (F-7 a F-10) en cuya base se observan pasadas de samitas, que evolucionan a techo a arcillas masivas con rasgos de desecación, culminando en niveles laminados en donde se disponen de forma alternante láminas milimétricas de arcillas oscuras y samitas finas, estando ausentes los minerales micáceos. Destaca la existencia de bioturbación, restos vegetales y tinciones ferruginosas.

El episodio superior de este tramo, consta de un nivel basal de tono verde oscuro, bioturbado y con restos vegetales, destacando la existencia de calcita que se dispone de forma irregular en perforaciones o fisuras, así mismo se observan tinciones ferruginosas y de manganeso. A techo arcilla verde más clara que contiene cantos removilizados del nivel basal y aspecto graveloso.

**Tramo III (F-13 a F-17).** Está constituido por 1,30 m de arcillas pardas, que a techo muestran encostramientos de tonos más claros de carácter silíceo (silcretas) y dolomítico (dolocretas). Las arcillas mencionadas exhiben rasgos de desecación, disyunción prismática y bioturbación.

#### Metodología experimental

El estudio mineralógico de las muestras, se ha realizado mediante D.R.X., tanto para la muestra total como para la fracción inferior a  $2 \mu\text{m}$ . La semicuantificación de los minerales presentes se ha efectuado utilizando los poderes reflectantes recopilados por Schultz (1964) y Barahona (1974). En la fracción inferior a  $2 \mu\text{m}$  se prepararon además, agregados orientados saturados en  $\text{Mg}^{2+}$ , solvatados con etilenglicol y calcinados a  $550^\circ\text{C}$ . Para dilucidar el carácter di o trioctaédrico de la esmectita se recurrió a la medida correspondiente al espaciado  $d_{(060)}$  así como al test de  $\text{Li}^+$ .

El estudio textural se ha efectuado en lámina delgada mediante embutido en plástico, previa desecación en nitrógeno líquido y desbaste con petróleo.

El estudio de la microfábrica y análisis químicos puntuales se han realizado mediante M.E.B. con sistema E.D.A.X. incorporado en muestras seleccionadas, tanto en la roca como en suspensiones diluidas de la fracción inferior a  $2 \mu\text{m}$ .

## RESULTADOS

### Mineralogía y textura

Los resultados mineralógicos obtenidos se recogen en las columnas b y c de la fig. 2, tanto para la fracción total como para la inferior a  $2 \mu\text{m}$ . En la columna d se representa la distribución de tamaños en la vertical y su proyección en triángulo textural. En la figura 3, se recogen los diagramas de rayos X correspondientes a la fracción inferior a  $2 \mu\text{m}$ .

En el tramo I la mineralogía de la fracción total muestra como composición media 40% de filosilicatos, 30% de cuarzo y 35% de feldspatos (predominantemente microclina). En la fracción inferior a  $2 \mu\text{m}$  se observa la asociación *esmectita-illita-caolinita*. En ésta, predomi-

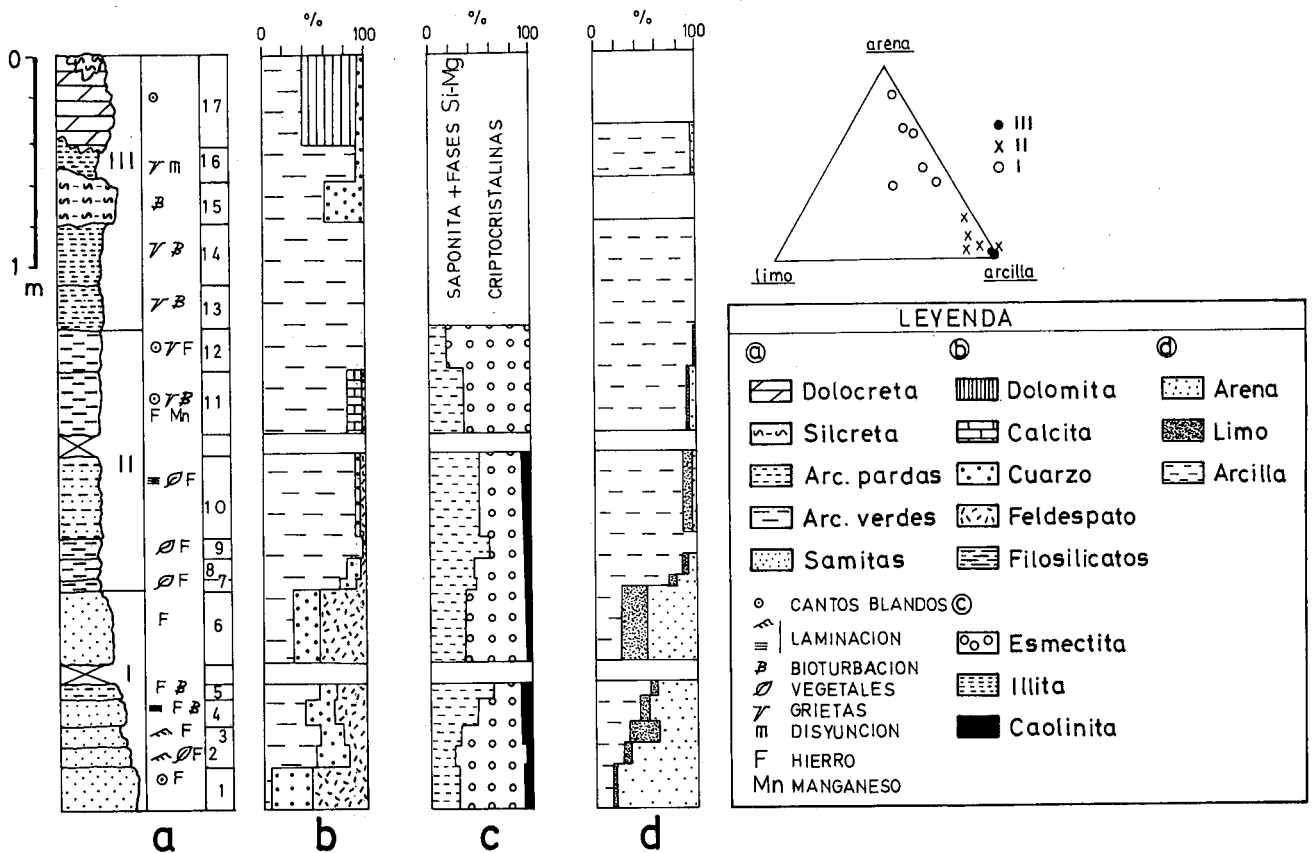


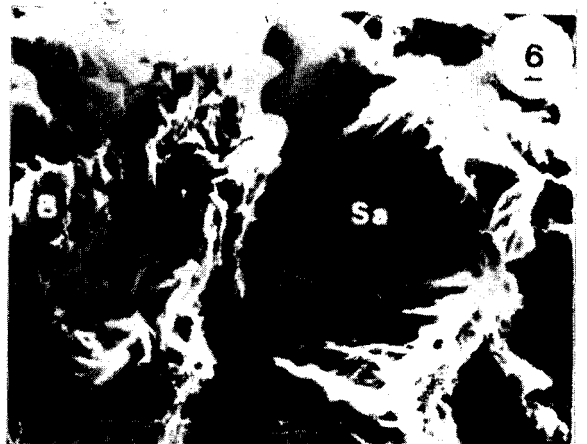
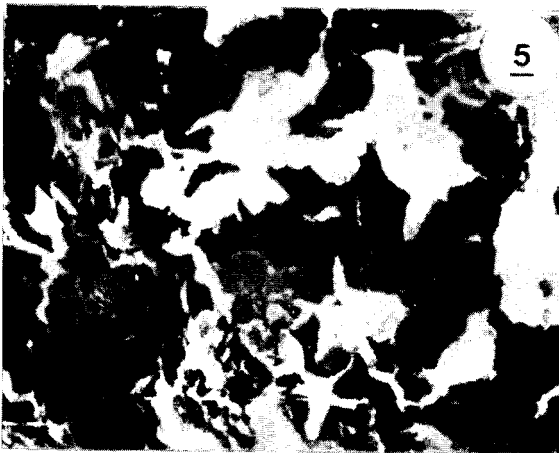
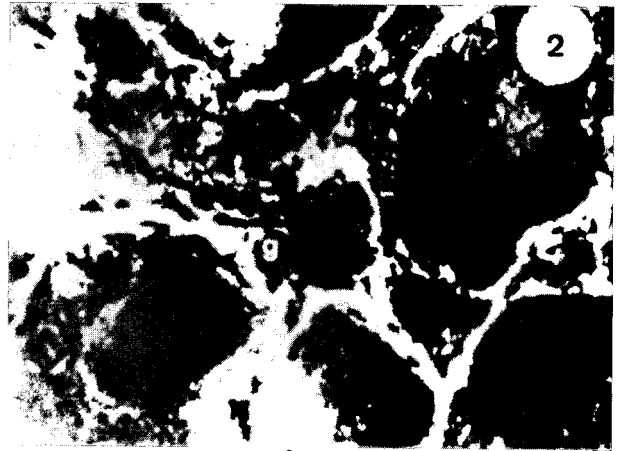
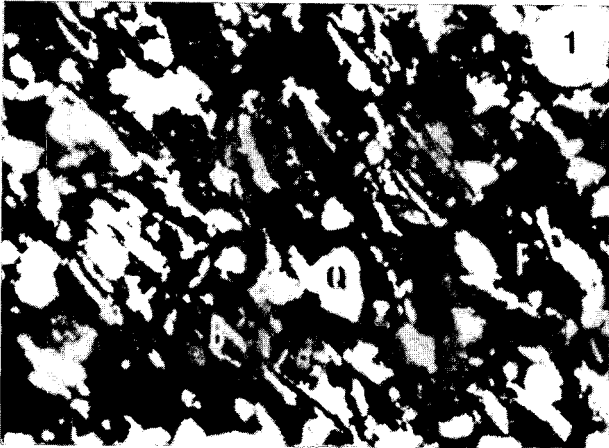
Figura 2. — (a) Columna litológica estudiada. (b) Mineralogía global. (c) Mineralogía de la fracción inferior a  $2 \mu\text{m}$ . (d) Distribución de tamaños y triángulo de texturas.

Figure 2. — a) Lithological section studied. b) Mineralogical composition of the overall sample. c) Mineralogical composition of the fractions lesser than  $2 \mu\text{m}$ . d) Sizes distribution and textures triangle.

na la esmeclita que puede alcanzar hasta el 70% con índices de Biscaye entre 0,58 y 0,81 (valor medio 0,69); por otra parte, el espaciado  $d_{(060)} = 1,49 \text{ \AA}$  indica que es de carácter dioctaédrico y, tras la aplicación del test de  $\text{Li}^+$ , que se trata de beidellita. La illita puede alcanzar hasta el 60% con índices de Kubler entre 4 y 5 (valor medio 4,4) mientras que la caolinita aparece como minoritaria alcanzando únicamente porcentajes de hasta el 10%. La evolución de los filossilicatos en la vertical parece indicar que no existe dependencia de la illita con respecto a la esmeclita, lo que permite inferir la procedencia alogénica de ambas. En la mineralogía de pesados la asociación predominante es: biotita, circón, turmalina, opacos y epidota. El estudio petrográfico de estos materiales muestra texturas samíticas de carácter arcósico con esqueleto denso, compuesto de cuarzo mono y policristalino, feldespatos (con predominio de los potásicos sobre

los calcosódicos) y minerales micáceos; fundamentalmente biotitas que presentan diversos grados de alteración; la matriz es de carácter argilo-micácea. (lam. I, fig. 1).

La mineralogía del tramo II presenta en la fracción total la siguiente composición media: 88% de filossilicatos, 5% de cuarzo y menos de un 5% de feldespatos; los dos últimos minerales se encuentran prácticamente ausentes en el episodio superior, donde sin embargo, la calcita puede alcanzar valores del 15% (F-11). En la fracción inferior a  $2 \mu\text{m}$ , la asociación mineralógica es: *esmeclita-illita-caolinita*. El episodio inferior muestra contenidos muy similares en illita y esmeclita, predominando uno u otro según el nivel considerado; así, la illita puede alcanzar el 60% (índice de Kubler de 4,2) la esmeclita hasta el 50% con índice de Biscaye medio de 0,64, mientras que la caolinita aparece en porcentajes minoritarios (menos del 10%) y de muy baja cristalinidad.



En los niveles del episodio superior destaca por una parte la ausencia de caolinita, así como una notable disminución del porcentaje de illita, que en el nivel que culmina el tramo es del 15%; por el contrario la esmectita aumenta su contenido a techo, donde puede alcanzar valores del 85% con índice de Biscaye de 0,46. El valor del espaciado  $d_{(060)} = 1,52 \text{ \AA}$  indica que es trioctaédrica y el test de  $\text{Li}^+$  pone de manifiesto su carácter saponítico.

La mineralogía de pesados muestra como asociación predominante: circón, opacos, turmalina y andalucita.

Petrográficamente los niveles del episodio inferior presentan texturas brechoideas, laminadas a techo, destacando la presencia de restos orgánicos, material geliforme y vesículas de sílice opalina que ocasionalmente pueden unirse originando microniveles de cierta continuidad; estas morfologías vesiculares son también observables en

las láminas pelíticas del nivel a techo. En los niveles del episodio superior abunda el material geliforme, observándose en F-11 calcita puntual que se dispone en orificios de perforación, a veces con fenómenos de corrosión, a techo es de destacar la existencia de «pore-lining» de arcillas alrededor de morfologías glomerulares. (Lam. I, fig. 2).

El tramo III muestra en los niveles arcillosos una mineralogía global con porcentaje medio en filosilicatos del 95%, observándose en los niveles inferiores a F-15 (silcretas) la existencia en indicios de calcita de alto contenido en magnesio y dolomita, mientras que, por encima del nivel mencionado destaca el contenido en cuarzo que puede alcanzar el 7%. En el nivel silíceo (F-15) el cuarzo muestra porcentajes del 40%, mientras que en el nivel carbonático a techo el contenido en dolomita alcanza el 60%.

La mineralogía en la fracción inferior a  $2 \mu\text{m}$  presenta como única fase la esmectita, que es de carácter saponítico ( $d_{(060)} = 1,52 \text{ \AA}$ , test de  $\text{Li}^+$ ), destacando de base a techo del tramo una disminución progresiva de la cristalinidad, de manera que en el nivel terminal (F-17) es francamente difícil determinarla como tal, debido a la existencia de una banda ancha entre 10-17  $\text{ \AA}$ .

Petrográficamente las arcillas pardas presentan rasgos claramente edáficos, con nodulización, removilización y fenómenos de bioturbación, es de destacar la presencia de masas glomerulares con abundante material geliforme, así como de arcillas que se disponen como «pore-lining» y «porefilling», la orientación de la arcilla y su extinción continua, indica que se trata de *rasgos cutánicos* (argilanes). En el nivel silíceo es posible distinguir un primer episodio de silicificación que afecta al material arcilloso mostrando el cuarzo aspecto «sucio», un segundo episodio silíceo queda caracterizado por la existencia de mosaicos de cuarzo «limpio» que se dispone en poros (geodas) y rellenando microvéculas. El nivel que culmina la serie se caracteriza por presentar una textura intraclástica, en la que la arcilla y la dolomita aparecen entremezcladas, siendo abundante la existencia de material geliforme y de arcillas que se disponen en «porelining», así como de procesos de silicificación.

#### Microfábrica y quimismo

El estudio de la microfábrica de los niveles samíticos basales (tramo I), pone de manifiesto su alta porosidad y abundancia de minerales detríticos heredados con escasos signos de alteración. (Lam. I, fig. 3). Por otra parte, destaca la presencia de esmectitas aluminicas (beidellita), igualmente heredadas, dado que no se pre-

#### LÁMINA I. Texturas y microfábricas.

Fig. 1. — Detalle de la textura de los materiales samíticos del Tramo I, donde destaca la elevada densidad del esqueleto, compuesto fundamentalmente por cuarzo (Q), feldespatos (F) predominantemente potásicos y biotitas (B) con diversos grados de alteración. ( $\times 75$ , N+).

Fig. 2. — Detalle de la textura correspondiente a los niveles lutíticos del episodio superior del Tramo II, donde se observan rasgos de desecación, removilización y nodulización, destacando la presencia de fases geliformes (Fg). ( $\times 50$ , N+).

Fig. 3. — Detalle de la microfábrica en los niveles samíticos, en los que destaca su alta porosidad. Q = Cuarzo, F = Feldespato, M = Mica biotita. (Barra =  $10 \mu\text{m}$ ).

Fig. 4. — Agregados de fases beidellíticas (Be). (Barra =  $1 \mu\text{m}$ ).

Fig. 5. — Detalle de la microfábrica de los niveles lutíticos del episodio inferior del Tramo II en el que se observa la disposición de las fases beidellíticas. (Barra =  $1 \mu\text{m}$ ).

Fig. 6. — Detalle de la neoformación de saponitas (Sa), ligadas a bordes de glomérulos constituidos por mezcla de biotitas (B) y saponitas. (Barra  $1 \mu\text{m}$ ).

#### PLATE I. Microfabric and textures.

Fig. 1. — Sandy levels texture from «Tramo I» with high density of skeletal grains. Main composition: quartz (Q), Feldspar (F) and biotite (B) with several degrees of weathering. ( $\times 75$ , N+).

Fig. 2. — Clayey levels texture from the upper stage «Tramo II» with nodulization, removilization and dessication features; is remarkable the presence of geliform phases (Fg). ( $\times 50$ , N+).

Fig. 3. — Sandy levels fabric with high porosity. Q = uartz, F = Feldspar, M = Biotite mica. (Bar =  $10 \mu\text{m}$ ).

Fig. 4. — Beidellitic aggregates (Be). (Bar =  $1 \mu\text{m}$ ).

Fig. 5. — Clayey levels microfabric from the lower stage «Tramo II» where the arrangement of beidellitic phases is observed. (Bar =  $1 \mu\text{m}$ ).

Fig. 6. — Saponite neoformation (Sa) related to glomerulae edges; these ones are mixtures of biotite (B) and saponite (Sa). (Bar =  $1 \mu\text{m}$ ).

sentan como consecuencia de la alteración de las fases anteriormente mencionadas. El análisis químico total (muestra F-3, tabla 1), indica el carácter aluminico del tramo basal. En la lámina I, fig. 4 se muestran los agregados de beidellita, que presentan igualmente elevados contenidos en  $Al_2O_3$ . (muestra F-3, tabla 2).

TABLA 1. Análisis químicos totales (semicuantitativos), realizados en los estudios de fábrica por MEB con sistema analítico EDAX incorporado. En todos los casos,  $\times 40$  aumentos.

TABLE 1. Semiquantitative whole chemical analysis by SEM with coupled EDAX microanalyzer.  $\times 40$  magnifying power in all samples.

Muestra	F-3	F-6	F-11	F-16
% Óxido				
SiO <sub>2</sub>	51,37	50,95	55,53	62,62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36,94	34,35	15,09	3,18
MgO	3,23	7,18	22,10	32,80
CaO	0,11	0,19	1,55	0,41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (total)	5,37	5,76	3,68	0,49
K <sub>2</sub> O	2,83	1,27	1,78	0,32
TiO <sub>2</sub>	0,16	0,31	0,27	0,17

TABLA 2.— Análisis químicos puntuales de agregados de monoparticulas de esmectita en fracción inferior a  $2 \mu m$ , realizados por MEB con sistema de análisis puntual EDAX. En todos los casos,  $\times 40.000$  aumentos.

TABLE 2. — EDAX, microanalysis on smectite aggregates (lesser than  $2 \mu m$  fractions).  $\times 40.000$  magnifying power in all samples.

Muestra	F-3	F-6	F-11a	F-11b	F-16a	F-16b
% Óxido						
SiO <sub>2</sub>	60,61	58,73	62,13	64,78	63,77	62,58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,48	18,00	8,42	9,87	1,08	2,29
MgO	5,34	16,68	22,73	21,33	34,74	34,36
CaO	2,42	1,36	0,85	0,49	0,08	0,17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (total)	6,61	3,21	3,95	2,74	0,15	0,21
K <sub>2</sub> O	1,42	1,24	1,40	0,62	0,09	0,19
TiO <sub>2</sub>	1,12	0,77	0,52	0,16	0,10	0,20

En la lámina I, fig. 5 se recoge un detalle de la microfábrica correspondiente a los niveles arcillosos del episodio inferior del tramo II, en el que se observa la disposición de las fases beidellíticas. El quimismo global de este tramo (muestra F-6, tabla 1), presenta igualmente carácter aluminico, con un ligero incremento de

los contenidos de MgO. Los análisis químicos puntuales de las esmectitas de estos niveles (muestra F-6, tabla 2), indican su carácter aluminico-magnésico.

En la lámina I, fig. 6 se observa la neoformación de saponitas, correspondientes a los niveles arcillosos del episodio superior del tramo II, ligadas a bordes de glomérulos constituidos por mezcla de biotita y saponita.

## LAMINA II. Texturas y microfábricas.

Fig. 1. — Morfología de los agregados de saponita (Sa). (Barra =  $1 \mu m$ ).

Fig. 2. — Detalle parcial de la microfábrica de las lutitas pardas del Tramo III intercaladas entre silcretas y dolocretas. Se observa la presencia de fases de muy baja cristalinidad (Fc), que presentan morfologías glomerulares asociadas a fases saponíticas (Sa) y cuarzo autigenico (Q). (Barra =  $1 \mu m$ ).

Fig. 3. — Detalle de la morfología de cuarzos autigenicos (Q) rellenando poros con «coatings» de saponita (Sa). Destaca la presencia de fases criptocristalinas de muy pequeño tamaño, recubriendo localmente el cuarzo. (Barra =  $1 \mu m$ ).

Fig. 4. — Morfologías de fases criptocristalinas (Fc) y de saponita (Sa). (Barra =  $1 \mu m$ ).

Fig. 5. — Aspecto general de la microfábrica del nivel de dolocrete, techo del Tramo III, en la que se observa el contacto entre agregados compuestos de dolomita, saponita y fases criptocristalinas silicomagnéticas (Ag) con cementos silíceos de cuarzo (Q). (Barra =  $10 \mu m$ ).

Fig. 6. — Detalle de la fábrica del nivel de dolocrete, a techo de tramo III en el que destaca el pequeño tamaño ( $< 0.5 \mu m$ ) de los cristales de dolomita (D) entre los que se observa la presencia de fases criptocristalinas silicomagnéticas (Fc). (Barra =  $1 \mu m$ ).

## PLATE II. Microfabric and textures.

Fig. 1. — Saponite aggregates morphology (Sa). (Bar =  $1 \mu m$ ).

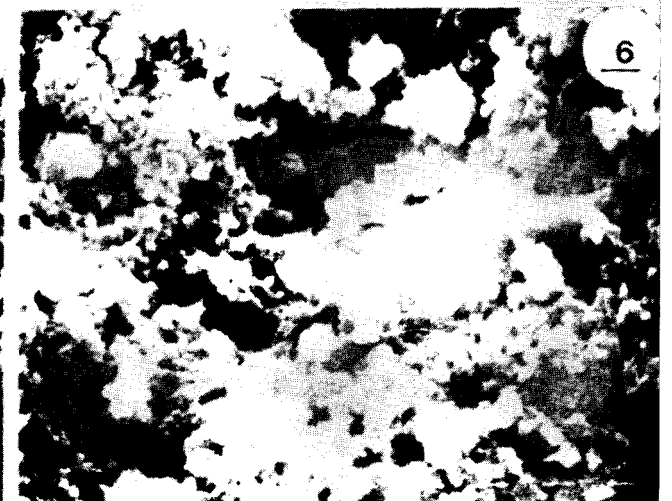
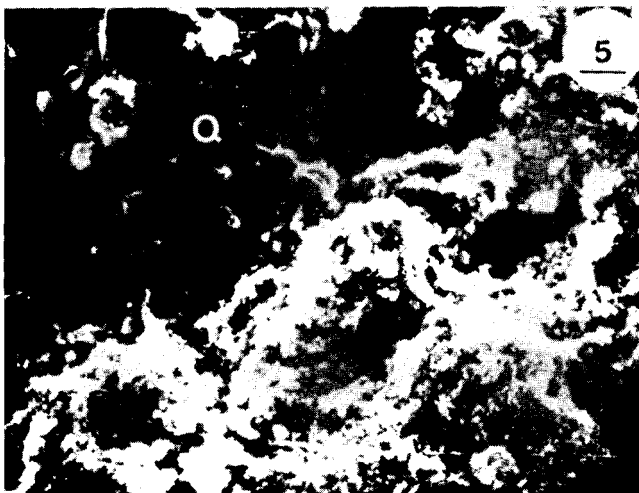
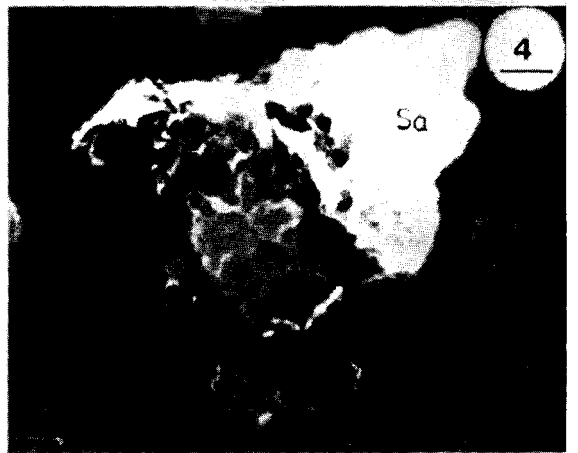
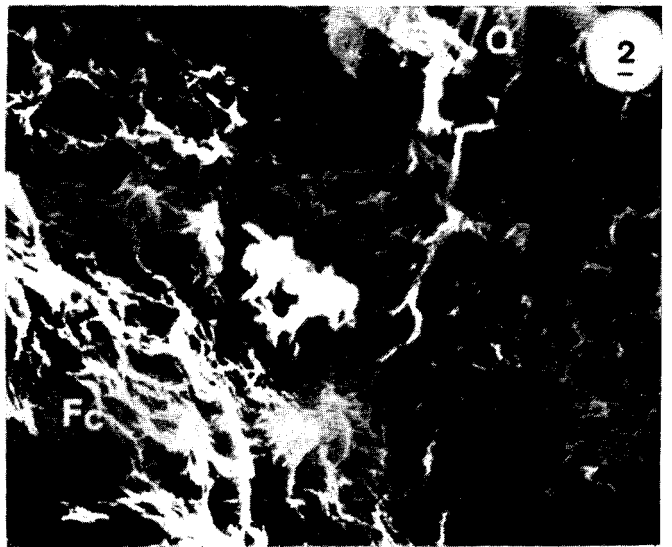
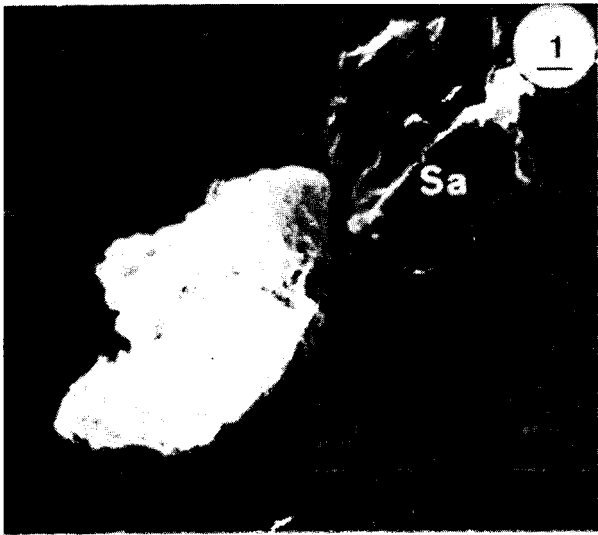
Fig. 2. — Microfabric of brown mudstones inserted between silcrete and dolocrete levels. Low crystallinity phases (Fc) in glomerulae related to saponitic phases (Sa) and authigenic quartz (Q) are observed. (Bar =  $1 \mu m$ ).

Fig. 3. — Authigenic quartz (Q) refilling voids and saponite coating (Sa). It is remarkable the presence of small criptocrystalline phases covering quartz. (Bar =  $1 \mu m$ ).

Fig. 4. — Morphology of criptocrystalline phacies (Fc) and saponite (Sa) aggregates. (Bar =  $1 \mu m$ ).

Fig. 5. — Microfabric of dolocrete level at top of unit III. The boundary between dolomite, saponite and silico-magnesian criptocrystalline phases (Ag) aggregates with quartz (Q) cement, is observed. (Bar =  $10 \mu m$ ).

Fig. 6. — Detail of dolocrete level microfabric (at top of unit III where is remarkable the small size ( $< 0.5 \mu m$ ) of dolomite crystals (D), with silico-magnesian criptocrystalline phases (Fc) among them. (Bar =  $1 \mu m$ ).



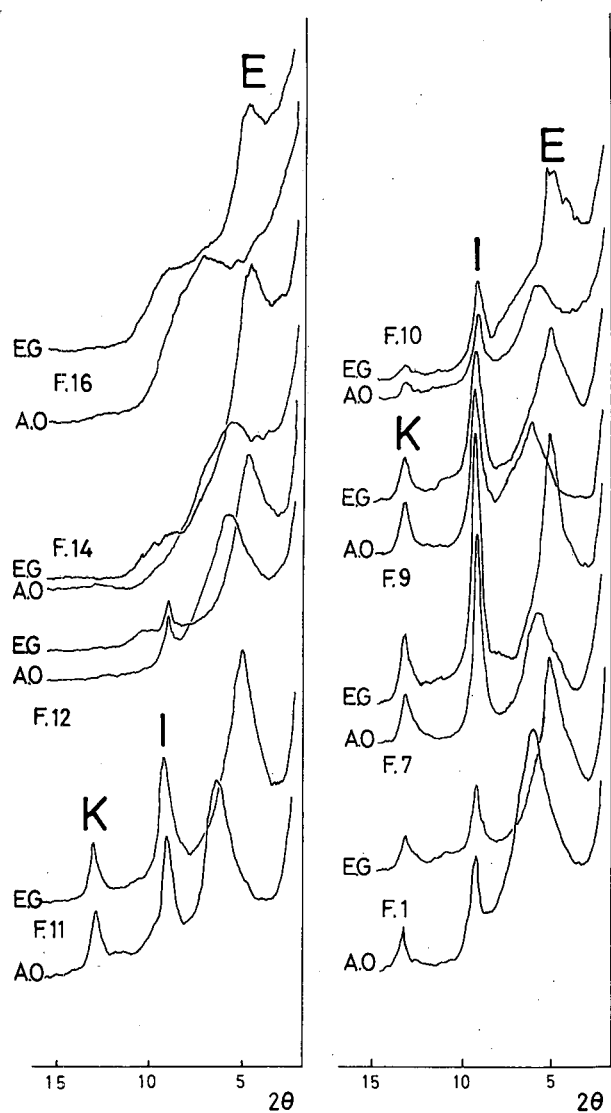


Figura 3. — Diagramas de difracción de rayos X correspondientes a la fracción inferior a  $2\mu\text{m}$ . A.O. = Muestras orientadas saturadas con magnesio. E.G. = Muestras A.O. solvatadas con etilenglicol. E = esmectita. I = illita. K = caolinita. F-1 a F-6 se refiere al número de muestra señalados en la columna litológica (figura 2a).

Figure 3. — X-ray diffraction patterns from the fraction lesser than  $2\mu\text{m}$ . A.O. Oriented aggregates. (Mg-saturated). E.G. (A.O.) samples with ethylene glycol solvation. E: Smectite I: Illite. K: Kaolinite. F-1 to F-6 are sample numbers in the lithological section. (figure 2a).

Los análisis químicos totales (muestra F-11, tabla 1), ponen de manifiesto el fuerte incremento de  $\text{MgO}$ . En la lámina II, fig. 1 se observa la morfología de los agregados de saponita, que presentan altos contenidos en  $\text{MgO}$  (muestras F-11a y F-11b, tabla 2).

Un detalle parcial de la microfábrica de las arcillas pardas del tramo III se muestra en la lámina II, fig. 2 donde destaca la presencia de fases de muy baja cristalinidad con morfologías glomerulares, asociadas a fases saponíticas y cuarzo autigénico. Estos cuarzos se encuentran rellenando poros con «coatings» de saponita (lam. II, fig. 3), estando parcialmente recubiertos de fases silico-magnésicas criptocristalinas de muy pequeño tamaño. Las morfologías de agregados de estas fases y de saponitas asociadas a ellas se muestran en la lámina II, fig. 4. Los análisis químicos globales (muestra F-11, tabla 1) y puntuales de las esmectitas (muestras F-16a y F-16b, tabla 2), ponen de manifiesto el carácter silico-magnésico del nivel de arcillas pardas del tramo III.

En la lámina II, figs. 5 y 6 se observa la microfábrica del nivel de dolocreta a techo del tramo III, en el que se destaca el contacto entre agregados compuestos de cristales de dolomita de muy pequeño tamaño (inferior a  $0,5\mu\text{m}$ ), saponita y fases criptocristalinas silico-magnésicas, con cementos silíceos constituidos por cuarzo autigénico.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio de la textura, microfábrica, mineralogía y análisis químicos realizados en una secuencia correspondiente a materiales con carácter samítico y pelítico de tonos verdes, pertenecientes a la denominada «Unidad Intermedia» del Mioceno de la Cuenca de Madrid (Serie Verde), permiten establecer que el origen y evolución de las esmectitas magnésicas (saponitas) están directamente relacionados con procesos de «vertisolización» paleoedafogénicos, con desarrollo variable de silcretas y dolocretas (silicificación y carbonatación).

Los materiales basales heredados constituidos por minerales siliciclásticos (micas, feldespatos fundamentalmente potásicos, cuarzo, beidellita y caolinita), depositados como consecuencia de sucesivos aportes tractivos y de decantación, y sometidos a la acción alternante de una tabla de agua, dan lugar a la hidrólisis de las fases más lábiles, en concreto de las micas (biotitas). Esta alternancia conduce a:

1) Liberación y precipitación de hierro en forma de oxihidróxidos al estado ferroso y férrico, amorfos.

2) Enriquecimiento en  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  (aq.) de las aguas intersticiales a expensas de la alteración de las biotitas, sericitización de los feldespatos y en menor grado de la disolución parcial del cuarzo.



3) Enriquecimiento en  $Mg^{2+}$  de las soluciones intersticiales, como consecuencia de la alteración de las fases biotíticas, no descartándose la influencia de los niveles infrayacentes de composición dolomítico-yesífera.

Los cambios microclimáticos hacia una progresiva aridez, provocan un continuo bombeo («ionic pumping») de aguas cargadas en  $H_4SiO_4$  y  $Mg^{2+}$  por movimientos «per ascensum». En estas condiciones se originan inicialmente fases saponíticas con diferente cristalinidad. El incremento progresivo de estas condiciones paleoclimáticas, conducen finalmente a la imposibilidad cinética para la cristalización de fases silico-magnésicas ordenadas, lo que origina la formación de fases geliformes y criptocristalinas de esta misma composición, asociadas a saponitas de muy baja cristalinidad. Estas fases silico-magnésicas podrían ser los «precursores» de la sepiolita presente en esta misma unidad, en series litológicas más completas en otros puntos de la cuenca; la confirmación de este proceso se encuentra actualmente en estudio.

Estos hechos quedan claramente puestos de manifiesto en las observaciones realizadas por M.E.B. y D.R.X. Estas asociaciones que se presentan en materiales arcillosos pardos, con disyunciones columnares y otros rasgos paleoedáficos, son claramente indicativos de procesos de «vertisolización». Finalmente, los episodios de silcretas y dolocretas a techo de la secuencia indican el establecimiento de condiciones paleoclimáticas áridas.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación «Sedimentológica de materiales arcillosos en la Cuenca de Madrid», subvencionado por la C.A.I.C.Y.T. (Referencia n.º 427/84).

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALBERDI, M.T., HOYOS, M., JUNCO, F., LOPEZ MARTINEZ, N., MORALES, J., SESE, C. y SORIA, M.D., 1983: Biostratigraphie et evolution sédimentaire du Néogene continental de L'aire de Madrid. *Medit. Neog. Cont. Paleoen. et Paleoclim. Evol. R.C.M.N.A. Interim-Colloquium*, pp. 18-23. Montpellier.
- BARAHONA, E., 1974: *Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: evaluación de algunos ensayos de materias primas*. Tesis Doctoral. Univ. de Granada. Secretaría de Publicaciones. 398 pp.
- CAPOTE, R. y CARRO, S., 1968: Existencia de una red fluvial intramiocena en la depresión del Tajo. *Estudios Geol.*, 24: 91-97.
- DOVAL, M., DOMINGUEZ, M.C., BRELL, J.M. y GARCIA ROMERO, E., 1985: Mineralogía y sedimentología de las facies distales del borde norte de la Cuenca del Tajo. *Bol. Soc. Esp. Min.*, 8, 257-269.
- GARCIA DEL CURA, M.A., 1979: Las sales sódicas, calcosódicas y magnésicas de la cuenca del Tajo. *Fundación J. March, Serie Universitaria*, 39 pp.
- LOMOSCHITZ, A., CALVO, J.P. y ORDOÑEZ, S., 1985: Sedimentología de las facies detríticas de la Unidad Intermedia del Mioceno al sur y este de Madrid. *Estudios Geol.*, 41: 343-358.
- SCHULTZ, L.G., 1964: Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre shale. *U.S. Geological Survey Prof. Paper*, 391-c, 31 pp.