

# *Composición mineralógica de suelos desarrollados sobre calizas jurásicas de la Sierra de Cameros (La Rioja, España)*

C. de LEMUS\*, I. SUBIAS\*\* y C. FERNÁNDEZ-NIETO\*\*

\* *Dpto. Didac. Ciencias Exp. E. U. E. G. B. Logroño.*

\*\* *Cristalografía y Mineralogía Dpto. Ciencias de la Tierra. Zaragoza.*

## RESUMEN

Se estudian las rocas soportes de cuatro perfiles edáficos situados en zonas geográficas diferentes, tres de edad Dogger y una del Lias, con el fin de conocer la evolución mineralógica sufrida por ellas durante el proceso de formación del suelo.

Las rocas madres son calizas casi puras: están constituidas por calcita, con indicios de cuarzo y filosilicatos. En las calizas el mineral laminar más abundante es la moscovita, que aparece junto a pequeñas cantidades de caolinita y clorita. La mineralogía de los suelos es: illita con cuarzo, pequeñas cantidades de clorita y caolinita, y abundantes interestratificaciones irregulares.

Se concluye que se trata de suelos típicos de alta montaña, poco evolucionados, donde la calcita se ha lixiviado, el cuarzo se ha concentrado y las moscovitas se han degradado dando lugar a varios tipos de interestratificados.

**Palabras clave:** Suelos, Mineralogía, Filosilicatos, Sierra Cameros.

## ABSTRACT

Rocks of four profiles (three of them on Dogger aged rocks, and the other one on Lias aged rocks) in four geographical areas are studied with the purpose of bringing to light the mineralogical evolution experienced during the soil formation process.

The bedrocks are very pure limestones, constituted by calcite some phyllosilicates and traces of quartz. The most frequent sheet mineral is

muscovite, accompanied by small quantities of kaolinite and chlorite. The mineralogical composition of soils is: illite with quartz, small quantities of chlorite and kaolinite, and frequent, irregular, varied interstratified sheet silicates.

Our conclusion is that we are dealing with typical high mountain, poorly evolved soils, where calcite has been leached, quartz has been concentrated and muscovite has been degraded resulting in the different types of interstratified particles.

**Key words:** Soil, Mineralogy, Phyllosilicate, Cameros Mountain.

## INTRODUCCION

La zona estudiada está situada al S de la Comunidad Autónoma de La Rioja, junto a la localidad de Ortigosa (Fig. 1), en el borde de la Sierra de Cameros, y en contacto con la Sierra de la Demanda.

Desde el punto de vista geológico, la Sierra de Cameros está constituida casi en su totalidad por materiales wealdenses, aunque existen una serie de

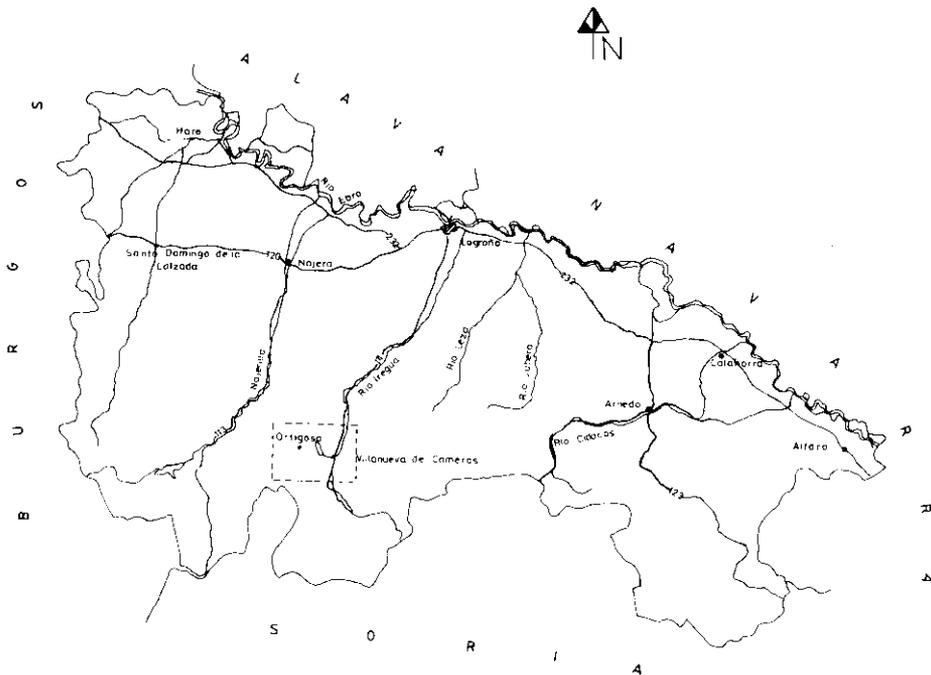


Fig. 1.—Situación geográfica.  
Fig. 1.—Geographic situation.

afloramientos de edad jurásica (Bulard *et al.*, 1973), que aparecen principalmente en sus bordes S y W. Estos afloramientos jurásicos abarcan desde el Hettangiense al Oxfordiense y presentan, en general, los mismos grupos litológicos característicos del jurásico cantábrico (Assens, 1971).

El objeto de este trabajo es el estudio de las variaciones que sufre la composición mineralógica de las rocas en el proceso de desarrollo de un suelo sobre ellas. Para su realización se han levantado cuatro perfiles, dos de ellos situados muy cercanos a la localidad de Ortigosa, sobre materiales de edad Dogger, y otros dos al W de los primeros, en la zona de Peña Hincada, donde afloran terrenos del Lias y del Dogger (Fig. 2).

A las muestras recogidas se les han realizado una serie de estudios mineralógicos, ya que, según Duchafour (1977), los cambios producidos durante la formación del suelo se pueden observar tanto en su composición mineralógica como en sus parámetros cristalquímicos.

Todas las rocas jurásicas estudiadas son calizas grises, bastante masivas y los suelos desarrollados sobre ellas son suelos calcáreos de montaña de tipo rendzina, de pequeño espesor en los que sólo se observan dos horizontes: el horizonte A, que pasa gradualmente al C, roca originaria gris. En la base del horizonte A existen abundantes cantos de caliza.

## SITUACION DE LOS PERFILES

Con el fin de poder estudiar los cambios mineralógicos ocurridos con la formación del suelo, se han elegido afloramientos con circunstancias climáticas y desarrollo de la vegetación diferentes, donde están bien representadas las calizas situadas bajo el suelo. Se ha procedido a un muestreo sistemático, recogiendo muestras de las calizas y del suelo desarrollado sobre ellas, de acuerdo con las situaciones del perfil.

El perfil *Ortigosa-1* se ha realizado en la vertiente S de la Sierra, a unos 1.000 m de altura, con vegetación de bosque. El suelo alcanza un desarrollo máximo de 50 cm, y en él se han recogido dos muestras (OS-1 y OI-1), así como otras tres muestras de las calizas.

El perfil *Ortigosa-2* se ha levantado en una zona de similar altura que la anterior, aunque situada en la vertiente N, donde existe una mayor variedad de vegetación, y un mayor desarrollo del suelo, que alcanza los 65-70 cm. Se han recogido tres muestras del suelo (OS-2, OM-2 y OI-2) y otras tres de las calizas.

El perfil de *Peña Hincada-2* corresponde a una zona de mayor altura que las anteriores, unos 1.400 m (vertiente S de la Sierra) donde se observa una vegetación que indica inicio de praderas de alta montaña. El suelo adquiere potencias entre los 70 y 90 cm, del que se han recogido dos muestras (CI-2A y CI-2B) y cuatro de las calizas inferiores.

El perfil *Peña Hincada-1* está situada en una zona similar a la anterior,

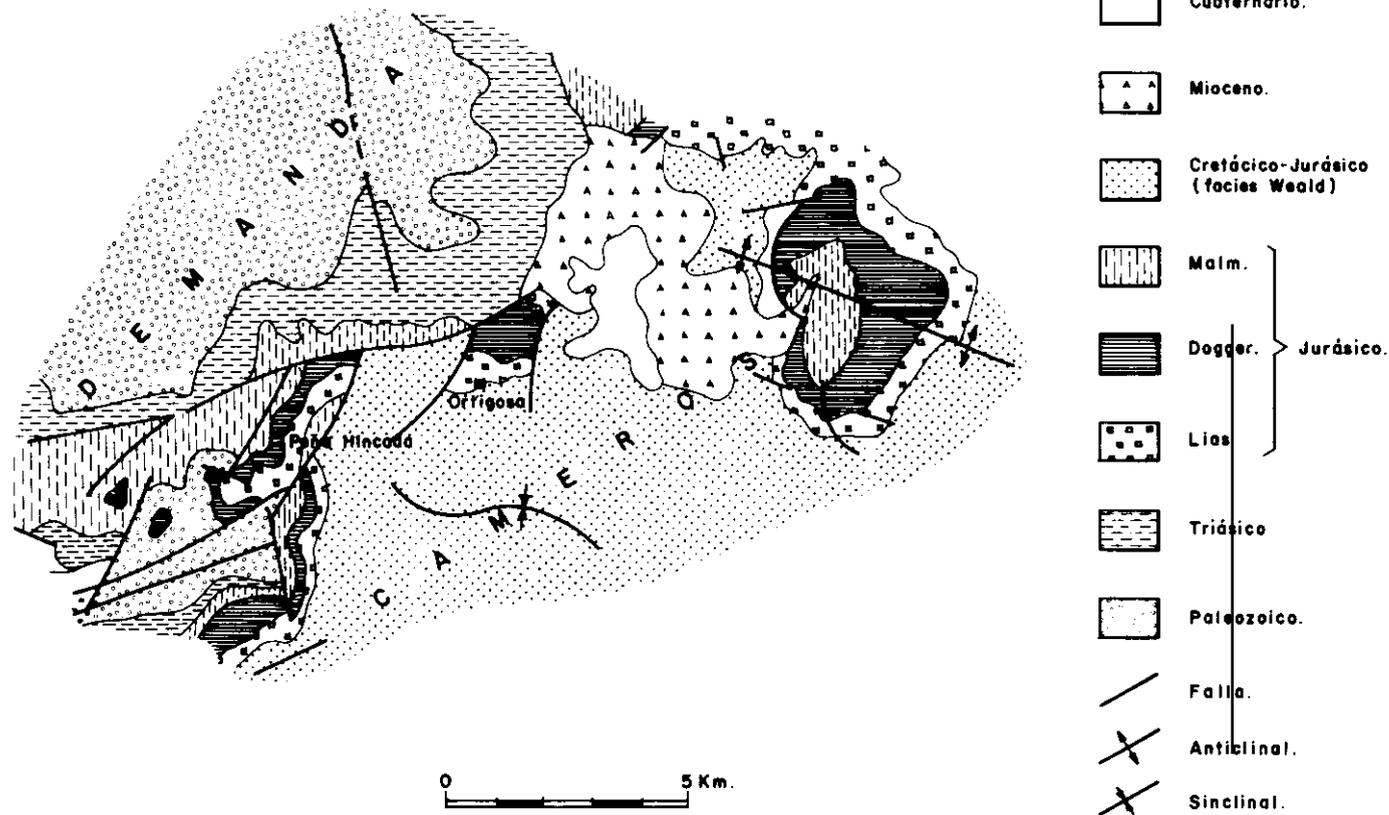


Fig. 2.—Mapa Geológico.  
Fig. 2.—Geological Map.

pero sobre calizas del Lias. El suelo mide entre 30 y 40 cm, y se han recogido dos muestras del suelo (CS-1 y CI-1) y cuatro de las calizas.

## METODOLOGIA

El estudio mineralógico de las muestras se ha realizado por Difracción de Rayos-X, método del Polvo Cristalino, aplicando los poderes reflectantes de Schultz (1964) y Barahona (1974).

Una vez conocida la composición mineralógica global, y con el fin de estudiar con detalle los filosilicatos, se han extraído y analizado las fracciones limo ( $<2\mu$ ) y arcilla ( $<2\mu$ ). Se han elaborado las tablas correspondientes, utilizando los valores de Palomo (1987).

Por otra parte, la presencia sistemática de calcita ha justificado la determinación de su contenido en carbonato magnésico, siguiendo el método de Goldsmith y Graf (1958).

Por último, se ha procedido a la determinación de los parámetros cristaloquímicos de interés de los filosilicatos mayoritarios en dichas fracciones. Así, se ha medido el parámetro  $b_0$  de las micas, utilizando el cuarzo presente en las muestras como standard interno, lo que ha permitido deducir el contenido en Fe+Mg (Guidotti, 1984). Del espacio basal, obtenido utilizando el cuarzo presente en las muestras como standar interno, se ha deducido el contenido en Si (Ernst, 1963) y el grado de paragonitización (Evans y Guidotti, 1966). El índice de cristalinidad se ha medido en la reflexión a 10 Å (Kubler, 1968). Las condiciones de trabajo específicas para cada uno de estas determinaciones están recogidas en un trabajo previo (Fernández Nieto *et al.*, 1985).

## RESULTADOS

Los resultados del análisis mineralógico de la muestra total se recogen en la Tabla I. En ella se representan los cuatro perfiles establecidos, situando en la base de cada uno las muestras correspondientes a roca madre, y, sucesivamente las recogidas en el suelo.

La asociación mineralógica básica está constituida por calcita e indicios de cuarzo y filosilicatos, en las calizas, y por filosilicatos, calcita, cuarzo e indicios de feldespato, en las muestras recogidas en el suelo. Como se puede observar en la citada tabla, las proporciones entre los minerales mencionados sufren variaciones a lo largo de ella; así es muy clara la disminución del contenido de calcita, en proporción inversa a la de los filosilicatos, que son mayoritarios en las muestras del suelo. En estos, además, aumenta considerablemente el contenido en cuarzo, y aparecen indicios

## ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO POR DRX. (en %).

## ORTIGOSA 1 (DOGGER)

MUESTRA	CUARZO	FELDESPATO	ARCILLAS	CALCITA
OS-1	27	3	60	10
OI-1	29	2	51	18
OC-1	1	0	i	99
O-1	i	0	i	99
O-2	i	0	i	99

## ORTIGOSA 2 (DOGGER)

OS-2	29	4	67	0
OM-2	34	4	56	6
OI-2	13	0	22	65
OC-2	8	0	8	84
O-1	i	0	i	99
O-2	i	0	i	99

## PEÑA HINCADA 2 (DOGGER)

CS-2A	37	2	61	0
CI-2B	4	1	94	1
CC-2B	2	0	11	87
CH-1G	10	0	i	90
CH-2G	8	0	i	92
CH-3G	9	0	i	91

## PEÑA HINCADA 1 (LIAS)

CS-1	20	4	75	1
CI-1	30	3	57	10
CIC-1	i	0	i	99
CH-1	i	0	i	99
CH-2	i	0	i	99
CH-3	i	0	i	99

Tabla I.—Composición mineralógica.  
Table I.—Global mineralogical composition.

de feldespato en todos los suelos muestreados. Este hecho queda corroborado al realizar las matrices de correlación en las distintas muestras, en las que se puede observar un alto índice de correlación negativo ( $x = -0.94$ ) entre la calcita y los filosilicatos y el cuarzo. La Fig. 3 expresa de una forma gráfica, las citadas variaciones de la composición mineralógica a lo largo de los perfiles.

Los resultados obtenidos para las dos fracciones extraídas de cada muestra (limo y arcilla) han sido similares, por lo que sólo se han recogido los de la fracción limo. Entre los filosilicatos, es la mica el componente más abundante, apareciendo, también, clorita, caolinita, y en las muestras recogidas en el suelo, abundantes interestratificados de tipo ilita-esmectita e ilita-vermiculita.

En la Tabla II se han recogido dichos resultados, situándose en la primera columna los porcentajes de filosilicatos en la muestra total (Tabla I), con el fin de resaltar el grado de significación de sus contenidos en las diferentes muestras. Por otra parte, debido a la presencia, a veces importante, de interestratificados irregulares, no ha sido posible la realización de un estudio cuantitativo en algunas muestras, por lo que ha parecido conveniente indicar sólo el orden de abundancia.

La mica es el filosilicato más abundante en todos los perfiles; la caolinita está generalmente presente y es principalmente abundante en las calizas de la serie de Ortigosa, disminuyendo en el suelo; la clorita está más concentrada en las zonas superiores y los interestratificados son más abundantes en las muestras del suelo del Dogger, especialmente en Peña Hincada, donde aparecen varios tipos diferentes. La muestra OS-2, del perfil Ortigosa-2, presenta ligeras diferencias, ya que está compuesta por mica y abundantes interestratificados, estando ausentes la clorita y la caolinita.

En la Tabla III se exponen los resultados obtenidos al estudiar la relación Ca/Mg en las calcitas de las muestras que la contenían en una proporción suficiente. Se puede observar que se trata de calizas con escasa proporción de carbonato magnésico (máximo 2,5 moles por 100 en la muestra CH-2, del Lias), y que, en general, esta proporción disminuye hacia las muestras del suelo.

Los parámetros cristalquímicos medidos a las micas han resultado ser muy similares, en las diferentes muestras de cada perfil, por lo que sólo se han reflejado los valores medios de cada uno de ellos en la Tabla IV. La cristalinidad no se ha reflejado en dicha tabla, debido a que, al existir una gran proporción de interestratificados en algunas muestras, la primera reflexión basal de las ilitas es bastante asimétrica, y su medida daría lugar a resultados erróneos. En las calizas los valores se sitúan en torno a  $0.28$  ( $^{\circ}2\theta$ ) lo que refleja una cristalinidad elevada.

Los resultados expuestos en la Tabla IV indican: a) que el grado de fengitización es bajo, ya que los valores de  $b$  no alcanzan el límite establecido por Cipriani *et al.* (1968) para las fengitas, por tanto se trata de mosco-

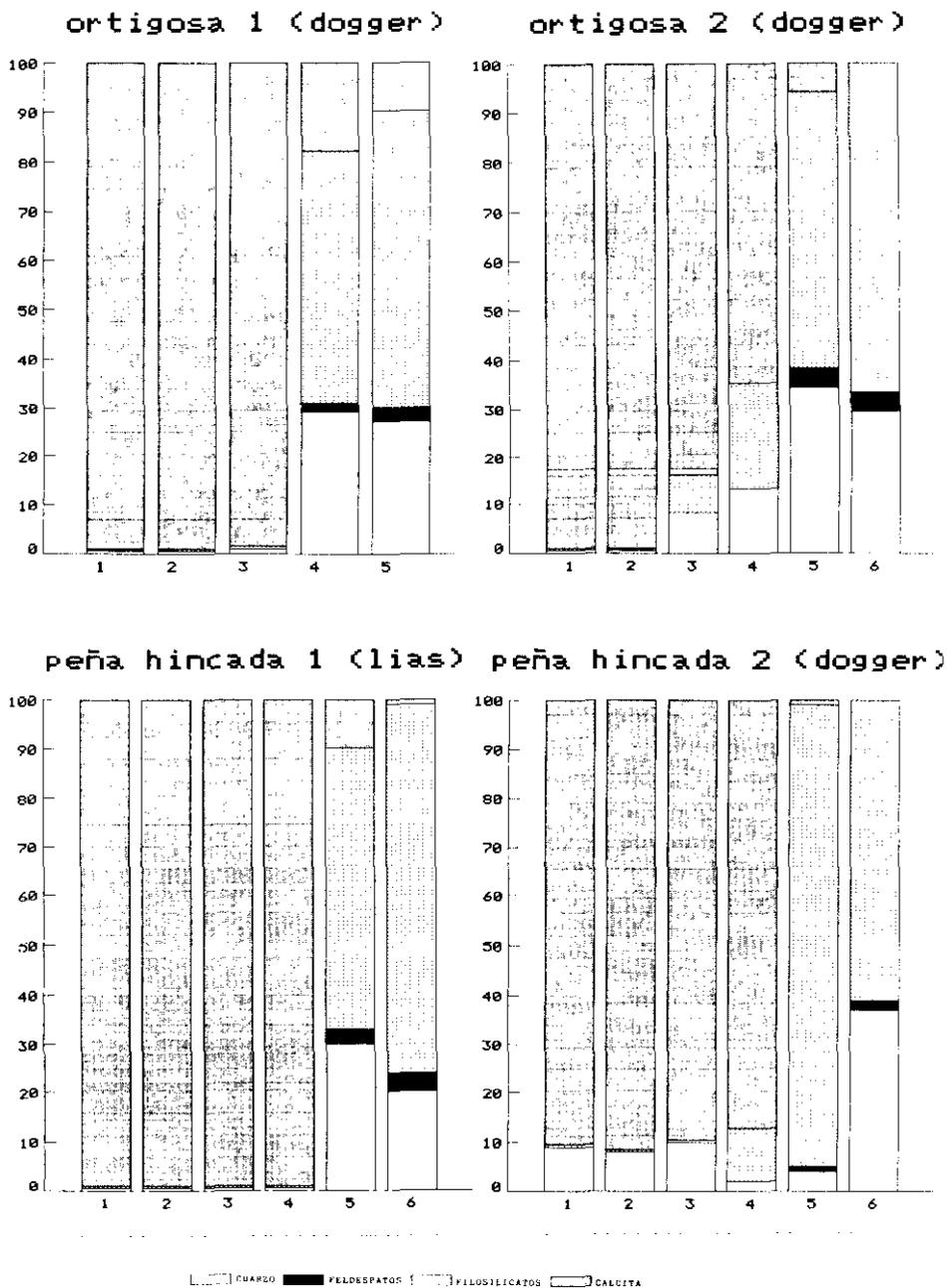


Fig. 3.—Variación de la composición mineralógica.  
Fig. 3.—Variation of the silt fraction.

## ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO POR DRX: FRACCIÓN LIMO (en %).

## ORTIGOSA 1 (DOGGER)

MUESTRA	%Fls M.T.	MICA	CLORITA	CAOLINITA	INT IRREG
OS-1	60	XXX	X	X	XX
OI-1	51	XXX	X	X	X
OC-1	i	XXX	i	XX	---
O-1	i	XXXX	X	XX	---
O-2	i	XXX	i	XX	---

## ORTIGOSA 2 (DOGGER)

OS-2	67	XXXX	---	---	XX
OM-2	56	XXX	i	X	X
OI-2	22	XXX	i	X	X
OC-2	8	XXXX	i	X	---
O-1	i	XXXX	i	X	---
O-2	i	XXX	i	XX	---

## PEÑA HINCADA 2 (DOGGER)

CS-2A	61	XXX	i	X	XX
CI-2B	94	XXX	i	X	XX
CC-2B	11	XXX	i	X	XX
CH-1G	i	XXXX	---	---	X
CH-2G	i	XX	---	---	---
CH-3G	i	X	---	---	---

## PEÑA HINCADA 1 (LIAS)

CS-1	73	XXX	X	X	X
CI-1	57	XXX	X	X	X
CIC-1	i	XXXX	---	i	---
CH-1	i	XXXX	---	X	---
CH-2	i	XXXX	---	X	---
CH-3	i	XXXX	---	X	---

%Fls M.T.: Porcentaje de Filosilicatos en Muestra Total.  
i: Indicios.

Tabla II.—Composición de la fracción limo.  
Table II.—Composition of the silt fraction.

PORCENTAJE EN CO<sub>3</sub>Mg EN CALCITA.

ORTIGOSA 1		ORTIGOSA 2		PEÑA HINCADA 2		PEÑA HINCADA 1	
MTRA	CO <sub>3</sub> Mg	MTRA	CO <sub>3</sub> Mg	MTRA	CO <sub>3</sub> Mg	MTRA	CO <sub>3</sub> Mg
OS-1	---	OS-2	---	CS-2	---	CS-1	---
OI-1	0,7	OM-2	0,3	CI-2	---	CI-1	1,0
OC-1	2,4	OI-2	2,0	CC-2	0,3	CIC-	1,3
O-1	0,5	OC-2	1,5	CH-1	0,3	CH-1	1,5
O-2	0,2	O-1	0,5	CH-2	1,3	CH-2	2,4
		O-2	0,2	CH-3	1,8	CH-3	2,1

Tabla III.—Porcentaje de carbonato magnésico en las calcitas.

Table III.—Percentage of magnesium carbonate in calcites.

## PARAMETROS CRISTALOQUIMICOS DE LAS NICAS Y COMPOSICION QUIMICA DEDUCIDA POR DRX.

## VALORES MEDIOS

PERFIL	b <sub>0</sub> (Å)	d 001 (Å)	Na/Na+K	Fe+Mg	Al(VI)	Si	Al(IV)
ORT-1	9,002	9,982	0,09	0,30	3,71	6,33	4,83
ORT-2	8,997	9,991	0,08	0,18	3,83	6,22	4,89
PH-2	9,011	9,982	0,09	0,53	3,48	6,33	4,84
PH-1	9,010	9,982	0,09	0,50	3,50	6,33	4,84

Tabla IV.—Valores medios de parámetros cristaloquímicos de las micas.

Table IV.—Average values of crystallochemic parameters of the micas.

vitas con un escaso componente celadonítico; b) el valor medio de los espaciados basales indica un grado de paragonitización prácticamente nulo, lo que, unido a lo anterior, confirma que las micas tienen una composición muy similar a la de moscovitas.

No se ha podido efectuar medidas paramétricas del resto de los filosilicatos dada su escasez en las muestras estudiadas.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los materiales estudiados son calizas jurásicas, de aspecto masivo, de color gris, y los suelos formados sobre ellas. Las calizas presentan una

gran homogeneidad en su composición mineralógica, puesto que están formadas casi exclusivamente por calcita, con indicios de cuarzo y filosilicatos. El proceso de edafización supone una importante y progresiva disminución de calcita, que con frecuencia desaparece en el horizonte superior, con el consiguiente aumento en filosilicatos y cuarzo, que llegan a ser mayoritarios. En el suelo se detectan indicios de feldespatos, que debían ser muy escasos en la roca madre.

El filosilicato más abundante en todos los perfiles es la moscovita, cuyas características, salvo la cristalinidad son similares tanto en las muestras del suelo como en las de la roca madre. Los parámetros de las moscovitas presentes en la roca madre indican que se trata de minerales heredados y las diferencias existentes entre ellas y las que forman parte de los suelos, así como la abundancia que han sufrido durante el proceso de edafización. Aparecen abundantes interestratificados irregulares, de tipo illitaes-mectita e illita-vermiculita.

Se observan diferencias de detalle en la evolución mineralógica de los distintos perfiles estudiados, que podrían estar relacionados con su diferente situación geográfica y, por tanto, climática. Así, en el suelo de Ortigosa-1 la calcita no llega a desaparecer (se detecta en un 10%), como tampoco la clorita y la caolinita, y además los interestratificados presentes son menos variados (Tablas I y II). Sin embargo, en el suelo de Ortigosa-2, mejor desarrollado desaparece totalmente la calcita, así como la clorita y la caolinita siendo los interestratificados muy abundantes y variados.

Los suelos estudiados son característicos de alta montaña caliza de zonas templadas, poco evolucionados y superficiales (potencias entre los 30 y los 90 cm). El humus es oscuro y la alteración química es prácticamente nula (Douchafour, 1977) debido a las bajas temperaturas, que hacen que, aunque el agua sea abundante, la hidrólisis sea prácticamente nula, lo que explicaría la presencia de algunos feldespatos. Según Mela (1963) en estos suelos, la lixiviación de carbonatos da lugar a acumulación-0 de arcillas, la sílice es retenida y no existe génesis arcillosa, sino que más bien tiene lugar la fase final de edafización ya existente.

De la comparación entre los datos mineralógicos de las calizas y de los suelos se deduce que el cuarzo, los feldespatos, la clorita, la caolinita y la moscovita son heredados de la roca originaria, lo que es refrendado por los resultados obtenidos del estudio de los parámetros cristalquímicos de las moscovitas, que presenta una elevada cristalinidad. Sin embargo, aunque no ha sido posible la medida de dicha cristalinidad en las muestras de suelos, si se ha podido observar un ensanchamiento y una asimetría en sus picos de difracción, que indican una degradación progresiva y el inicio de su evolución hacia otras fases.

Según Millot (1964) las arcillas de los suelos pueden tener uno o más de estos tre orígenes: a) ser heredados de la roca madre, b) pueden ser productos de evolución de los anteriores, por transformaciones más o me-

nos profundas, o c) ser neoformados a partir de productos de la hidólisis. Todo ello depende fundamentalmente de las características climáticas que de la roca madre.

Macewan y Ruiz Amil (1975) dicen que, al iniciarse la meteorización se produce una removilización del potasio de las moscovitas, lo que da lugar a ilitas degradadas que, de seguir avanzando el proceso llegarían finalmente a micas hidratadas o vermiculitas. Sin embargo, en suelos de países fríos se han encontrado una gran variedad de grupos de minerales interestratificados, que son mucho menos comunes en las regiones tropicales. En suelos poco evolucionados de zonas frías se forman, como estadios intermedios, interestratificados de micas con montmorillonitas y vermiculitas, que incluso pueden ser ternarios o cuaternarios (tipo micamontmorillonita-vermiculita-clorita).

En nuestro caso, todas las consideraciones anteriores, nos llevan a pensar que posiblemente se hayan producido los siguientes procesos: a) la calcita ha sido disuelta; b) los feldespatos no se han lixiviado en su totalidad; c) la sílice se ha concentrado; d) las moscovitas han sufrido un principio de alteración que por una parte han dado lugar a micas degradadas y por otra, la acción del ambiente edafizante ha conducido a la formación de diferentes tipos de interestratificados.

Por consiguiente puede decirse que el proceso de edafización en estos suelos no ha sido completo, habiéndose llegado, como máximo, a la neoformación de interestratificados.

## BIBLIOGRAFIA

- ASSENS, J. (1971): Notas sobre el jurásico de la Sierra de Cameros. *Cuad. Geol. Iber.* 2: 637-646.
- BARAHONA, E. (1974): Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: evaluación de algunos ensayos de materias primas. *Tesis Doctorales Univ. Granada*, 398 pp.
- BULARD, P. F.; SALOMON, J. y THIERRY, J. (1973): Le substratum «antewaldien» dans la Sierra de Cameros (Espagne). *Essais de Paléogéologie. C. R. Acad. Sc. Paris* 276, D: 2493-2496.
- CIPRIANI, C.; SASSI, F. P. y VITERBO-BASSAIN, C. (1968): La composizione della miche chiari in rapporto con le costanti reticolari e col grado metamorfico. *Rend. Soc. Ital. Mineral. Petr.* 24: 153-187.
- DUCHAUFOR, P. (1977): *Precis de Pédologie*. Ed. Mason. Paris. 438 pp.
- ERNST, W. G. (1963): Significance of phengitic micas from low-grade schists. *Am. Mineral.*, 48: 1357-1373.
- EVANS, B. W. y GUIDOTTI, C. V. (1966): The silimanite-potash feldspar isograd in western Maine, U. S. A. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 12: 25-62.
- FERNANDEZ-NIETO, C.; GONZALEZ LOPEZ, J. M. y GONZALEZ MARTINEZ, J. (1985): El grado de metaformismo de los materiales pelíticos de la zona de Santed (Zaragoza). *Bol. Sov. Esp. Min.* 8: 347-358.

- GUIDOTTI, C. V. (1984): Micas in metamorphic rocks. In: *Micas. Mineral. Soc. Am. Revs. in Mineral*, Ed. P. H. Ribbe, 357-358.
- GOLDSMITH, J. y GRAF, D. L. (1958): Relation lattice constant and composition of the Ca-M carbonates. *Am. Min.* 43: 84-101.
- GUIDOTTI, C. V. (1984): Micas in metamorphic rocks. In: *Micas. Reviews in Mineralogy* 13: 357-467.
- KUBLER, B. (1968): La cristallinité de la aillite et les zones tout à fait supérieures du métamorphisme. *Colloque sur les étages tectoniques*. Univ. Neuchâtel, 105-112.
- MACEWAN, D. M. C. y RUIZ AMIL, A. (1975): Interstratified clay minerals. In: *Soils components, 2 Inorganic components*. Ed. Springer-Verlag. Nueva York, 265-334.
- MARTIN RAMOS, D. (1976): Las micas de las Cordilleras Béticas. Zonas intermedias. *Tesis Doctorales Univ. Granada*.
- MELA, P. (1963): *Tratado de Edafología y sus distintas aplicaciones*. 2.<sup>a</sup> ed. Agrocien- cia. Zaragoza, 615 pp.
- MILLOT, G. (1964): *Geologie des argiles. Altérations, sédimentologie, géochimie*. Ed. Masson. Paris, 275 pp.
- PALOMO, I. (1987): Mineralogía y Geoquímica de sedimentos pelágicos del jurá- sico inferior de las cordilleras béticas (SE de España). *Tesis doctorales. Univ. de Granada*.
- SCHULTZ, L. G. (1964): Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre Shale. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper* 381, 31 pp.

*Recibido 13 Marzo 1989.*

*Aceptado 18 Julio 1989.*