

## MINERALOGIA Y GENESIS DE ARCILLAS DE SUELOS FORESTALES DEL CENTRO-OESTE DE ESPAÑA

### III. Zonas de Piedrahíta y Vitigudino

M. SÁNCHEZ CAMAZANO\*

M. A. VICENTE HERNÁNDEZ\*

**SUMMARY:** The clay fractions of soils studied have in common variable amounts of kaolinite and illite. There are also: a) Transformations of illite — aluminium hydroxy vermiculite → secondary chlorite, in soils formed from granites or metamorphic shales in the wet Piedrahíta zone. In these soils gibbsite also appears; this mineral is found in high proportions in profile XXIX; b) Montmorillonite-chlorite intergrade minerals and halloysite — kaolinite evolution occur in soils developed on granodiorites, both in the wet and dry Piedrahíta zones. In profile XXVI, belonging to the Vitigudino zone, also formed from granodiorites (with lower pH than the other two), there aren't montmorillonite-chlorite but illite — Al-hydroxy vermiculite; c) montmorillonite and montmorillonite-chlorite intergrade minerals, in soils formed from shales with amphibolites or shales with micacites in the Piedrahíta and Vitigudino zones respectively.

**RESUMEN:** Los suelos estudiados tienen como característica común la presencia de cantidades más o menos importantes de caolinita e illita en su fracción arcilla. Existen además: a) transformación illita — vermiculita hidroxialuminosa — clorita secundaria, en suelos sobre granitos o esquistos metamórficos de la zona húmeda de Piedrahíta; en estos suelos hay también gibsita, que alcanza proporciones importantes en el perfil XXIX; b) intergrados montmorillonita-clorita y evolución haloisita — caolinita, en suelos sobre granodioritas de las zonas húmedas y secas de Piedrahíta; en el perfil XXVI correspondiente a la zona de Vitigudino, también sobre granodioritas (con pH más ácido que los otros), no hay intergrados montmorillonita-clorita y sí transformación illita — vermiculita hidroxialuminosa; c) montmorillonita e intergrados montmorillonita-clorita, en suelos sobre esquistos con anfíbolitas o esquistos con micacitas, de las zonas secas de Piedrahíta y de Vitigudino respectivamente.

\* Centro de Edafología y Biología Aplicada. Salamanca. C.S.I.C.

## INTRODUCCIÓN

En los suelos forestales el humus desempeña un papel esencial en el proceso de evolución de los minerales primarios, y a su vez el tipo de humus está influenciado por la naturaleza del bosque. De aquí que los minerales existentes en la fracción arcilla de estos suelos, producto de dicha evolución, deben estar también relacionados con la vegetación arbórea.

Trabajos sobre alteración en medio natural (SÁNCHEZ CAMAZANO et al., 1974; GALLARDO et al., 1976 y DEJOU et al., 1977) y experimentales, en ausencia (PEDRO et ROBERT, 1972) y presencia (VICENTE et al., 1977; VICENTE y ROBERT, 1977) de compuestos orgánicos, han demostrado la influencia del contenido y composición de la materia orgánica en el proceso de alteración de los minerales primarios.

En trabajos anteriores se ha estudiado la mineralogía y génesis de las arcillas de suelos forestales de las Sierras de Gata (SÁNCHEZ CAMAZANO y VICENTE, 1979) y de Francia (VICENTE y SÁNCHEZ CAMAZANO, 1980), como contribución al Plan de Investigación que sobre suelos forestales de la zona Centro-Oeste de España se realiza en el Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca. En este tercer trabajo se estudia la mineralogía de arcillas de suelos forestales de las zonas de Piedrahíta y Vítigudino.

Las investigaciones ya realizadas han puesto de manifiesto, fundamentalmente, la influencia del pH y del contenido y composición de la materia orgánica del suelo en la evolución de los minerales primarios, micas y cloritas, y en la presencia y distribución de gibsita y de los intergrados vermiculita-clorita. Estos últimos minerales, productos intermedios de la alteración, son muy frecuentes en este tipo de suelos, individualizados o interestratificados con láminas de los minerales de que proceden y se presentan con diferentes grados de aluminización interlaminar.

## MATERIAL Y MÉTODOS EXPERIMENTALES

*Material.* En la tabla I se da una descripción esquemática de los perfiles estudiados, junto con algunas características de los suelos, interesantes desde el punto de vista de este trabajo. Una descripción amplia de los mismos ha sido ya hecha por EGIDO (1978), en cuyo trabajo figuran también sus datos analíticos.

Los perfiles de la zona de Piedrahíta estudiados, están situados en una franja comprendida entre Avila y Plasencia, centrada por el dique ígneo de

TABLA 1. DATOS DE LOS PERFILES

Perfil	Situación Altitud Tipografía Drenaje: Externo-Interno	Roca Vegetación	Tipo de Suelo	Hori- zontes	Prof. en cm	pH		% Arcilla	C/N
						H <sub>2</sub> O	CIK		
XX	El Cillán 1.160 m. Ladera, parte media Excesivo-Bueno	Esquistos con anfíbolitas <i>Q. ilex</i> , Gramíneas, labiadas, <i>Cytisus</i> sp.	Tierra parda (Phaeozem lúvico)	A	0-15	6,5	5,5	22,0	16,5
				B (B)/C <sub>1</sub>	15-40 +40	6,0 7,0	4,8 6,0	26,4 14,0	12,3 7,5
XXI	Villatoro 1.130 m. Ladera, parte alta Bueno-Bueno	Granodiorita <i>Q. pyrenaica</i> , Gramíneas, Leguminosas, <i>Rosmarinus officialis</i>	Tierra parda (Phaeozem lúvico)	A <sub>00</sub>	0-1				
				A <sub>1</sub>	1-20	6,3	5,4	14,9	11,9
				A/B	20-40	6,5	5,3	18,4	9,1
				(B) C <sub>1</sub>	40-70 +70	6,3 6,0	4,9 4,2	10,0 9,2	3,8 5,2
XXII	La Hoya 1.200 m. Ladera, parte media Excesivo-Regular	Granito <i>Q. pyrenaica</i> , <i>Cytisus</i> sp., <i>Cistus</i> sp., <i>Thymus</i> sp., Gramíneas	Tierra parda, policíclica (Phaeozem lúvico)	A <sub>11</sub>	0-15	5,0	3,8	10,5	15,1
				A <sub>12</sub>	15-30	5,0	3,7	18,5	12,1
				2B	30-70	5,0	3,7	33,1	8,2
				2B/C	+70	5,1	3,1	26,3	5,6
XXVI	Villarmuerto 780 m. Llano Malo-Lento	Granodiorita <i>Q. ilex</i> , Gramíneas, <i>Q. pyrenaica</i> , <i>Cistus</i> sp., <i>Lavandula pedunculata</i>	Tierra parda meridional gleizada (Cambisol gleyco)	A	0-12	5,5	4,1	10,0	9,5
				(B) <sub>g</sub>	12-45	5,2	3,7	13,7	5,1
				C <sub>1</sub>	+45	5,1	3,4	10,6	5,6
XXVII	Tabera de Arriba 860 m. Llano Lento-Malo	Esquistos y micacitas <i>Q. ilex</i> , Gramíneas, Compuestas	Suelo rojo gleizado (Luvisol gleyco)	A	0-25	5,9	4,7	21,4	10,0
				B	25-50	5,1	4,1	61,8	5,2
				B <sub>g</sub>	50-80	5,2	4,2	46,4	6,0
				C <sub>1</sub>	+80	5,2	3,9	19,5	5,4
XXVIII	Piedrahíta 1.220 m. Ladera, parte media Excesivo-Lento	Esquistos metamórficos <i>Q. pyrenaica</i> , Gramíneas, Muscíneas, <i>Sarothamnus malacitanus</i>	Tierra parda gleizada (Cambisol gleyco)	A <sub>00</sub>	0-4				
				A	4-20	4,9	3,6	12,9	14,3
				A/(B)	20-40	5,6	4,2	14,9	10,4
				(B) C <sub>g</sub>	40-80 +80	5,1 4,8	3,7 3,4	7,5 10,0	8,6 5,4
XXIX	El Piorral 1.000 m. Ladera, parte media Bueno-Lento	Granito <i>Q. pyrenaica</i> , Muscíneas, Gramíneas, <i>Pteridium aquilinum</i> , <i>Lavandula pedunculata</i>	Suelo pardo, gleizado lixiviado (Luvisol órtico)	A <sub>00</sub>	0-3				
				A	3-40	5,8	4,4	11,2	17,0
				B	40-60	5,1	4,2	25,0	12,0
				(B) C <sub>1g</sub>	60-90 +90	5,2 5,5	4,2 4,1	15,9 11,3	9,4 6,1
XXX	Sanchorjea 1.320 m. Ladera, parte media Bueno-Bueno	Granodiorita <i>P. pynaster</i> , <i>Cytisus</i> sp., Labiadas, Muscíneas	Tierra parda (Cambisol éutrico)	A	0-5	6,3	5,0	8,4	15,2
				(B)	5-25	5,6	4,2	8,5	4,6
				C <sub>1</sub>	+25	5,4	3,7	8,7	6,3

Plasencia. El material original es fundamentalmente granítico y metamórfico. Existen restos del bosque «climax» (*Quercus pyrenaica*), dentro de grandes extensiones de retamares y piornales que actualmente se están repoblando de *Pinus silvestris*.

En esta zona se distinguen dos subzonas climáticas bien diferenciadas; una húmeda al S., con precipitaciones anuales superiores a los 800 mm., aunque con verano seco, y otra seca al N., con escasa pluviosidad anual (alrededor de 400 mm.). A la primera de ellas corresponden cuatro de los perfiles estudiados: XXI, XXII, XXVIII y XXIX, todos bajo *Q. pyrenaica*, y a la segunda dos: XXX bajo *Q. ilex*, y XX bajo *P. pinaster*.

La zona de Vitigudino es una vasta penillanura inclinada suavemente hacia el Duero, que se encuentra en su mayor parte adhesionada, predominando el bosque abierto, principalmente de *Q. ilex* y de *Q. pyrenaica*. El clima es de tendencia continental y la geología está constituida por granitos de dos micas, micacitas, esquistos y gneis. Se han estudiado solamente dos perfiles de esta zona, sobre distinto material original, dada la homogeneidad florística de la zona.

*Métodos experimentales.* La fracción arcilla, extraída por sedimentación de los distintos horizontes de los perfiles, se estudió mediante las técnicas de análisis térmico diferencial, análisis termogravimétrico y difracción de rayos X. Se realizaron en todas las muestras difractogramas de agregados orientados de la arcilla-Mg natural, tratada con glicerol y calentada a 500 °C, determinándose además la capacidad de cambio de cationes (tabla 2).

La estimación semicuantitativa de los minerales de la arcilla se hizo a partir de los diagramas de difracción de rayos X, por medida de las intensidades relativas de las difracciones d(001) de los minerales, teniendo en cuenta el poder reflectante intrínseco de cada mineral, de acuerdo con los datos de la bibliografía (BRADLEY et al., 1954; VIVALDI y RODRÍGUEZ GALLEGO, 1964). Se han tenido también en cuenta en la determinación semicuantitativa, los valores de la capacidad de cambio de cationes, las pérdidas de agua de las curvas termogravimétricas en las zonas 250-300 y 500-600 °C, y el área del efecto endotérmico en esta misma zona de las curvas termocodiferenciales. De los minerales interestratificados solamente se hizo estimación semicuantitativa en el caso de las interestratificaciones regulares.

Con el fin de tener una visión rápida de lo que sucede al pasar de un horizonte a otro, en lo que a la transformación de los minerales de la arcilla se refiere, se ha considerado conveniente dar la composición mineralógica en porcentajes, aunque éstos sean solamente aproximados.

Tabla 2. CAPACIDAD DE CAMBIO DE CATIONES DE LA FRACCIÓN ARCILLA

Perfil	Horizonte	Capacidad de cambio meq/100 g.
XX	A	56,74
	B	62,45
	(B)/C <sub>1</sub>	61,69
XXI	A <sub>1</sub>	26,27
	A/B	26,27
	(B)	26,93
	C <sub>1</sub>	31,32
XXII	A <sub>11</sub>	19,04
	A <sub>12</sub>	18,66
	2B	17,13
	2B/C	15,23
XXVI	A	20,94
	(B) <sub>g</sub>	24,75
	C <sub>1</sub>	22,84
XXVII	A	18,27
	B	19,80
	B <sub>g</sub>	51,41
	C <sub>1</sub>	57,94
XXVIII	A	23,83
	A/(B)	16,47
	(B)	19,54
	C <sub>g</sub>	36,24
XXIX	A	22,67
	B	6,39
	(B) <sub>g</sub>	6,58
	C <sub>1g</sub>	9,49
XXX	A	26,65
	(B)	27,79
	C <sub>1</sub>	30,84

## RESULTADOS Y DISCUSION

### SUELOS DE LA ZONA DE PIEDRAHÍTA

Para el estudio de la mineralogía de arcillas de estos suelos, se han agrupado los perfiles de acuerdo con las dos subzonas ya señaladas, conforme a las diferencias de clima y vegetación.



no se observa alteración de illita. Sin embargo, las características del perfil son aptas para la formación de intergrados montmorillonita-clorita a partir de la montmorillonita existente; de acuerdo con lo señalado por RICH (1968) en su revisión sobre frecuencia y distribución de intergrados en suelos, su formación va ligada a la presencia de vermiculita o montmorillonita y a una desintegración moderadamente activa que suministre iones  $Al^{3+}$ , con ciclos alternantes húmedos y secos y pH moderadamente ácido, de 5-6 para montmorillonita y 4,6-5,8 para vermiculita; a pH más ácido el aluminio se encuentra en forma de  $Al^{3+}$  y a  $pH > 7$  puede precipitar  $Al(OH)_3$  fuera del espacio interlamina. Por otra parte, la materia orgánica activa, debido a su poder complejante con el aluminio, interfiere en la formación de estos intergrados.

El caolín existente en el perfil debe ser en parte caolinita y en parte haloisita, ya que la difracción (001) no aparece en los difractogramas de rayos X como un pico definido a 7 Å, sino como una banda en la zona 7-8,5 Å. Todo parece indicar como si existiera haloisita y haloisita-caolinita como fases intermedias de la formación de la caolinita, en las condiciones de este perfil; se observa que el proceso de transformación progresa hacia la superficie. Este punto de vista de transformación haloisita → caolinita en el proceso de desintegración ha sido ampliamente aceptado (DIXON & WEED, 1977). También en condiciones hidrotermales se ha conseguido experimentalmente la formación de caolinita, vía haloisita de espaciado (001) 8,5 Å e interestratificados haloisita-caolinita a partir del intergrado montmorillonita-clorita (PONCELET & BRINDLEY, 1967).

En el perfil XX sobre esquistos con anfíbolitas la composición mineralógica cualitativa de las arcillas es semejante al anterior, diferenciándose por un mayor contenido de montmorillonita, de acuerdo con el medio menos ácido, la naturaleza del material original fácilmente alterable y la presencia de carbonatos en profundidad. Además de montmorillonita, existe interestratificación de montmorillonita con intergrado montmorillonita-clorita, siendo su proporción mayor en los dos horizontes superiores con pH más ácido. Los tratamientos de solvatación y térmicos de estas muestras indican cierto grado de organización de la capa hidroxialuminosa del intergrado.

#### *Perfiles XXI, XXII, XXVIII y XXIV*

La composición mineralógica de la fracción arcilla del perfil XXI sobre granodiorita (tabla 4), es muy homogénea a lo largo de los distintos horizontes, existiendo un 85 % de illita, junto a un 15 % de caolinita. Como puede observarse es muy semejante a la del perfil XXX también sobre granodioritas, pero perteneciente a la zona seca. Los diagramas de rayos X de

las muestras tratadas con glicerol y sometidas a tratamiento térmico y las curvas de ATD ponen también de manifiesto la presencia de interstratificación de montmorillonita con el intergrado montmorillonita-clorita. Las variaciones observadas en los valores de la capacidad de cambio al pasar a los horizontes (B) y C<sub>1</sub> y el comportamiento de las arcillas de estos horizontes frente a la solvatación y al tratamiento térmico, indican que la aluminización de las láminas es, como en aquel perfil, mayor en los horizontes superficiales.

TABLA 4. COMPOSICIÓN MINERALÓGICA SEMICUANTITATIVA DE LA FRACCIÓN ARCILLA DE LOS PERFILES XXI, XXII, XXVIII Y XXIX

Perfil	Horizonte	K %	I %	I-V %	V %	Cl %	G %	Otros
XXI	A <sub>1</sub>	15	85	—	—	—	—	M-Cl
	A/B	15	85	—	—	—	—	M-Cl
	(B)	15	85	—	—	—	—	M-Cl
	C <sub>1</sub>	15	85	—	—	—	—	M-Cl
XXII	A <sub>11</sub>	20	40	15	15	10	—	G
	A <sub>12</sub>	25	45	15	5	10	—	G
	2B	45	40	10	5	—	—	G
	2B/C <sub>1</sub>	50	40	5	5	—	—	—
XXIX	A	15	30	15*	20*	—	20	—
	B	15	10	5*	5*	—	65	—
	(B)	20	10	5*	5*	—	60	—
	C <sub>1g</sub>	30	10	5*	5*	—	50	—
XXVIII	A	20	35	15	20	10	—	G
	A/(B)	20	40	15	15	10	—	G
	(B)	25	40	15	10	10	—	G
	C <sub>g</sub>	25	50	10	10	5	—	G

K, caolinita; I, ilita; V, vermiculita hidroxialuminosa; I-V, interstratificación regular ilita-vermiculita hidroxialuminosa; Cl, clorita secundaria.

G, gibsitita; M-Cl, interstratificación irregular de montmorillonita con intergrado montmorillonita-clorita.

\* vermiculita no hidroxialuminosa.

El pH de este suelo es también próximo al intervalo señalado por RICH (1968) como favorable para la cloritización de la montmorillonita. Además, el invierno húmedo y el verano seco de la zona favorecen la formación de intergrados. Según RICH (1968), una de las cloritas secundarias mejor desarrolladas a partir de montmorillonita, ha sido encontrada en el horizonte B<sub>cc</sub> de un suelo pardo por BRYDON et al. (1961). El horizonte tiene un pH

de 5,8 y 3,9 % de materia orgánica; los autores sugieren que el clima húmedo en invierno y seco en verano ha favorecido el desarrollo de esta clorita a partir de montmorillonita.

En este perfil también existe haloisita y haloisita-caolinita junto a caolinita, en mayor proporción en los horizontes (B) y C<sub>1</sub>.

El perfil XXII sobre granito biotítico presenta una capa autóctona superficial, correspondiendo el resto a un suelo rojo arcilloso (EGIDO, 1978). La composición mineralógica cuantitativa de la fracción arcilla es diferente en ambas capas. En los horizontes profundos, pertenecientes al suelo relicto, hay una fuerte proporción de caolinita, junto a illita ligeramente transformada en vermiculita hidroxialuminosa. En los horizontes superiores la evolución actual da lugar a una proporción más baja de caolinita y el grado de alteración de la mica existente es mayor. Esta alteración es progresiva y el aluminio liberado en esta degradación es suficiente para la formación de una capa hidroxialuminosa organizada y continua en la interlámina de la vermiculita dando lugar a clorita secundaria. El pH ácido y el tipo de materia orgánica no complejante permiten este estado avanzado de aluminización. Se observan las siguientes fases de alteración de la mica, illita-vermiculita hidroxialuminosa, vermiculita hidroxialuminosa y clorita secundaria. En los tres horizontes superiores hay además una proporción pequeña de gibsita.

En el perfil XXVIII sobre esquistos, también con pH ácido en todos los horizontes del perfil y mull forestal, la composición mineralógica es semejante a la del perfil anterior; como en él se observa una transformación illita → clorita secundaria, con presencia de las fases intermedias illita-vermiculita hidroxialuminosa y vermiculita hidroxialuminosa. La degradación de la mica a vermiculita hidroxialuminosa va acompañada del fenómeno antagónico de agredación de Al; la capa hidroxialuminosa se organiza y se hace continua formando un nuevo estrato octaédrico. Los resultados de rayos X y el valor de la capacidad de cambio señalan un menor grado de aluminización de la vermiculita en el horizonte inferior. Hay también en este perfil una pequeña proporción de gibsita en todos los horizontes.

El perfil XXIX corresponde a un suelo sobre granito situado en una zona muy húmeda. Los constituyentes de su fracción arcilla son caolinita, illita, illita-vermiculita, vermiculita y gibsita; la proporción de gibsita es alta, con acumulación en los horizontes intermedios; el contenido de caolinita aumenta con la profundidad.

Otros dos suelos situados en El Piornal, sobre el mismo material original, estudiados anteriormente (SÁNCHEZ CAMAZANO, 1974), presentan también un contenido elevado de gibsita. En estudios posteriores sobre el origen y distribución de gibsita en suelos desarrollados sobre granito en clima templado (SÁNCHEZ CAMAZANO et al., 1974; GALLARDO et al., 1976), se en-

contró que ambos fenómenos estaban íntimamente relacionados con la naturaleza de la materia orgánica y el proceso edáfico. Este mismo puede ser, al menos en parte, el origen de la gibsita existente en este suelo, con acumulación de la misma en horizontes próximos a la superficie. La razón C/N es alta, así como también la liberación de ácido fúlvico. La gibsita se originaría, al menos en parte, por mineralización de los fulvatos aluminicos seudosolubles.

Los minerales estables en este suelo parecen ser caolinita y gibsita; la desintegración intensa que tiene lugar en el mismo da lugar a una progresiva degradación y destrucción de la mica. La vermiculita, individualizada o interstratificada con ilita, producto de esta degradación no se encuentra hidroxilada como consecuencia del fuerte lavado del aluminio por complejación con los ácidos fúlvicos.

#### SUELOS DE LA ZONA DE VITIGUDINO

##### *Perfiles XXVI y XXVII*

Los minerales que constituyen la fracción arcilla del perfil XXVI sobre granodioritas, son ilita y caolín, con proporciones constantes de los mismos en los tres horizontes. El estudio de las muestras por difracción de rayos X, mediante las técnicas de solvatación y tratamiento térmico, ponen de manifiesto la existencia de una transformación ilita → vermiculita hidroxialuminosa, no observándose la presencia de la fase final, ni tampoco de fases intermedias correspondientes a interstratificaciones regulares, sino solamente toda una serie continua de interstratificaciones irregulares intermedias.

TABLA 5. COMPOSICIÓN MINERALÓGICA SEMICUANTITATIVA DE LA FRACCIÓN ARCILLA DE LOS PERFILES XXVI Y XXVII

Perfil	Horizonte	K %	I %	M %	Otros
XXVI	A	20	80	—	I-V
	(B) <sub>g</sub>	20	80	—	I-V
	C <sub>1</sub>	20	80	—	I-V
XXVII	A	20	65	15	M-Cl
	B	25	50	25	M-Cl
	B <sub>g</sub>	20	45	35	—
	C <sub>1</sub>	15	35	50	—

K, caolinita; I, ilita; M, montmorillonita; I-V, interstratificación irregular ilita-vermiculita hidroxialuminosa; M-Cl, interstratificación irregular de montmorillonita con intergrado montmorillonita-clorita

Las condiciones del perfil, con pH moderadamente ácido y presencia de humus mull poco activo, da lugar a la alteración de la mica y a una progresiva, pero lenta, aluminización de las láminas de la vermiculita formada; no obstante la liberación de aluminio no es lo suficientemente abundante para la formación de capas organizadas y continuas con individualización de vermiculita hidroxialuminosa, como sucede en otros perfiles estudiados en este trabajo correspondientes a la zona húmeda de Piedrahíta. Por consiguiente la intensidad y grado de alteración de la mica son bajos, frenados por la presencia de cationes alcalinotérreos liberados en la alteración de la granodiorita.

No existen en este perfil intergrados montmorillonita-clorita, ni haloisita-caolinita, que aprecian en los perfiles XXI y XXX de la zona de Piedrahíta, también desarrollados sobre granodioritas, lo que debe estar en relación con el pH más ácido y el menor grado de alteración de este suelo. La ausencia de estos dos minerales apoya la hipótesis citada anteriormente (PONCELET & BRINDLEY, 1967) sobre la posible formación de haloisita-caolinita a partir de intergrados montmorillonita-clorita.

En el perfil XXVII sobre esquitos y micacitas, aparecen como constituyentes de la fracción arcilla ilita, caolín y montmorillonita en todos los horizontes. La proporción de montmorillonita disminuye al ascender en el perfil.

La facilidad de descomposición del material original, que hace que progrese rápidamente su alteración, y el mal drenaje del perfil, originan en este suelo unas condiciones favorables para la formación de montmorillonita. En los dos horizontes superiores, donde el aluminio debe ser más abundante, la montmorillonita se encuentra en parte en forma de intergrado montmorillonita-clorita, de acuerdo con los datos de rayos X y los valores de la capacidad de cambio. En los horizontes B<sub>g</sub> y C<sub>1</sub> no se encuentra cloritizada y su proporción se mantiene muy elevada (35 % y 50 %), coincidiendo con el mal drenaje de estos horizontes que les da carácter gleico.

Nota. Han colaborado en la parte técnica del trabajo P. RODRIGUEZ PALACIOS y V. NIEVES PAZ.

#### BIBLIOGRAFIA

- BRADLEY, W. F.; JOHNS, W. D. and GRIM, R. E. (1954): *Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods*. J. Sedimentol. Petrol., 24, 242.
- BRYDON, J. E.; CLARCK, J. S. and OSBORNE, V. (1961): *Dioctahedral chlorite*. Can. Miner., 6, 595-609.

- DEJOU, J.; GUYOT, J.; ROBERT, M. (1977): *Evolution superficielle des roches cristallines et cristallophyliennes dans les régions tempérées*. Institut National de la Recherche Agronomique. 464 pp.
- DIXON, J. B. and WEED, S. B. (1977): *Minerals in Soils Environments*. Soil Science Society of America, Inc. 909 pp.
- EGIDO RODRÍGUEZ, J. A. (1978): *Contribución al estudio edafológico de suelos forestales*. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca.
- GALLARDO, J.; SÁNCHEZ CAMAZANO, M.; SAAVEDRA, J. y GARCÍA SÁNCHEZ, A. (1976): *Influencia de la materia orgánica en la génesis de gibsita y caolinita en suelos graníticos del Centro-Oeste de España*. Clay Miner., 11, 241-249.
- MARTÍN VIVALDI, J. L. y RODRÍGUEZ GALLEGO, M. (1964): *Estudio mineralógico de la fracción arcilla de los suelos de la Vega de Granada*. An. Edafol. Agrobiol., 23, 485.
- PONCELET, G. M. and BRINDLEY, G. W. (1967): *Experimental formation of kaolinite from montmorillonite at low temperatures*. Am. Miner., 52, 1.161-1.173.
- RICH, C. I. (1968): *Hydroxy interlayers in expansible layer silicates*. Clays and Clay Miner., 16, 15-30.
- ROBERT, M. et PEDRO, G. (1972): *Etablissement d'un schéma de l'évolution expérimentale des micas trioctabédriques en fonction des conditions du milieu (pH concentration)*. Proc. Int. Clay Conf. Madrid, 433-447.
- SÁNCHEZ CAMAZANO, M. (1974): *Gibsita en suelos sobre granitos del Sistema Central*. An. Edafol. Agrobiol., 33, 991-1.001.
- SÁNCHEZ CAMAZANO, M.; SAAVEDRA, J. et GARCÍA SÁNCHEZ, A. (1974): *Présence de gibbsite dans les sols sur granite du Système Central, Espagne*. Bull. Groupe Fr. Argiles, 26, 287-295.
- SÁNCHEZ CAMAZANO, M. y VICENTE, M. A. (1979): *Mineralogía de arcillas de suelos forestales del Centro-Oeste de España. I. Sierra de Gata*. Anu. Cent. Edafol. Biol. Apl., Salamanca, V, 231-242.
- VICENTE, M. A.; RAZZACHE, M. and ROBERT, M. (1977): *Formation of aluminium hydroxy vermiculite (intergrade) and smectite from mica under acidic conditions*. Clay Miner., 12, 101-112.
- VICENTE, M. A. et ROBERT, M. (1977): *Influence de la concentration en acide organique sur l'altération des micas. Aspects quantitatif et qualitatif*. C. R. Acad. Sc., Paris, 284-D, 511-514.
- VICENTE, M. A. y SÁNCHEZ CAMAZANO, M. (1980): *Mineralogénesis de arcillas de suelos forestales del Centro-Oeste de España. II. Sierra de Francia*. An. Edafol. Agrobiol. (en prensa).