



Transformaciones micromorfológicas y mineralógicas en el proceso de meteorización de las granodioritas de Viveiro y Traba

Micromorphological and mineralogical transformations in the weathering process of the Viveiro and Traba Granodiorites

TABOADA, T.; ROMERO, R.; GARCIA, C.

Se realiza el estudio de dos perfiles de meteorización sobre granodioritas en Galicia (NW de España). El grado de drenaje condiciona la evolución de los feldespatos: en la saprolita de grano más grueso, con grandes fisuras, se transforman en gibbsite, en la de grano más fino este mineral aparece en las primeras etapas pero el producto final es halloysita. Las micas evolucionan en ambos casos hacia vermiculitas hidroxialumínicas.

Palabras clave: Meteorización, micromorfología, granodiorita, gibbsite, halloysita, vermiculitas hidroxialumínicas.

Two weathering profiles developed from granodiorites in Galicia (NW of Spain) are studied. The drainage degree determines the feldspars evolution. In the coarse grain saprolite, with great fissures, feldspars are transformed into gibbsite, while in the finer grain saprolite, the weathering product is halloysite. Micas change gradually to hydroxy-Al-interlayered vermiculites.

Key words: Weathering, micromorphology, granodiorite, gibbsite, halloysite, hydroxy-Al-interlayered vermiculites.

TABOADA, R.; GARCIA, C. (Departamento de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Biología); ROMERO, R. (Departamento de Ingeniería Agroforestal y Producción vegetal. E. U. I. T. E. F. Universidad de Santiago).

INTRODUCCION

Se estudia el proceso de meteorización de rocas graníticas calcoalcalinas en Galicia. Se seleccionaron dos perfiles de meteorización, uno desarrollado sobre la granodiorita precoz de Viveiro y otro sobre la granodiorita tardía de Traba (en terminología de CAPDEVILA y FLOOR, 1970).

En ambos casos se trata de zonas de alteración situadas en las proximidades de la costa y aunque, en general, las características climáticas son semejantes, la precipitación es algo más elevada en el caso del perfil de Traba:

Clima del suelo

	Precipitación media anual	Temperatura m. anual	R. Hídrico	R. Térmico
VIVEIRO	1.188 mm	12.4°C	UDICO	MESICO
TRABA	1.798 mm	12.9°C	UDICO	MESICO

R. Hídrico y R. Térmico = Régimen hídrico y régimen térmico del suelo según la Soil Taxonomy (1989).

Los suelos desarrollados sobre estas alteraciones son de tipo Cambisol úmbrico (FAO, 1989).

Las diferencias más significativas entre los dos materiales de partida son el tamaño de grano, el grado de deformación y el contenido en biotita.

MATERIAL Y METODOS

El perfil de meteorización sobre la granodiorita de Viveiro está situado a una altitud de 85 m en una ladera con pendiente de clase 2 y orientación noroeste; las coordenadas son 43°.42'25''N y 7°.34'30''W. Las muestras seleccionadas corresponden a roca fresca, roca alterada compacta, saprolita (+ 130 cm) y horizontes edáficos C (95–130 cm), B (60–95 cm) y A (0–60 cm).

El perfil desarrollado sobre la granodio-

rita de Traba se encuentra en una ladera con pendiente de clase 4, a 120 m de altitud y orientación sur, sus coordenadas son 43°.10'30''N–9°.05'50''W. Se recogieron muestras de roca fresca, saprolita a distintas profundidades (+ 80 cm y 55–80 cm) y de los horizontes BC (30–55 cm) y A (0–30 cm).

Las muestras disgregables se extraen en cajas de Kubiena, procurando no alterar su estructura y anotando su orientación.

El estudio realizado comprende análisis mecánico (GUITIAN y CARBALLAS, 1976), observación al microscopio petrográfico de láminas delgadas (las muestras dis-

gregables se impregnaron con Cronolita), así como análisis por D. R. X. y A. T. D. de las muestras totales y de las muestras disgregables; los resultados, en la estimación semicuantitativa, se expresan de acuerdo con la siguiente anotación: Trazas = T, Presente = x, Frecuente = xx y Abundante = xxx. Las descripciones microestructurales siguen la terminología de STOOPS *et al.* (1979) y BULLOCK *et al.* (1984) y la identificación mineralógica los criterios de DIXON y WEED (1989).

ESTUDIO MICROMORFOLOGICO

Perfil de Viveiro

La roca fresca posee grano fino a medio, es heterogranular, alotriomorfa y está inten-

samente deformada. Presenta cuarzo con extinción ondulante, plagioclasa de términos oligoclasa-andesina, a veces con intercrecimientos mirmequíticos y microclina; la biotita es de color pardo verdoso, grano fino y marca la orientación de la roca. Los anfíboles podrían considerarse como accesorios junto con turmalina, apatito, circón y opacos (Foto 1).

En la roca alterada lo más llamativo es la aparición de fracturas (Foto 2) tanto inter como intraminerales que afectan sobre todo a las plagioclasas y a las biotitas. Estas últimas comienzan a abrirse por las líneas de exfoliación siguiendo un modelo de alteración lineal paralela (tipo C1 de STOOPS *et al.*, 1979) de grado 0 a 1.

En la saprolita la estructura de roca sólo se manifiesta porque conserva, sobre todo en las zonas menos evolucionadas, la orientación primitiva de la granodiorita (Foto 3); se aprecia un claro aumento en las fracciones finas, fundamentalmente el limo y la arena fina, a expensas de las biotitas, apareciendo una masa basal constituida por granos de esos tamaños en la que destacan cristales de cuarzo, escasos granos de feldespato potásico con alteración lineal entrecruzada (C2) de grado 1 y alguna plagioclasa. Las biotitas están desfleadas y en la mayoría de los cristales el grado de alteración es entre 3 y 4.

En el horizonte C (Foto 4) desaparece totalmente la estructura de roca, dando lugar a una microestructura de granos compactos; sólo en algunas zonas se observan microagregados muy pequeños. Los granos minerales que destacan por su mayor tamaño son los de cuarzo. La distribución relacionada es porfídica aunque en algunas zonas tiene tendencia enaúlica. Contiene restos de raíces.

En el horizonte B pueden observarse unas zonas con distribución relacionada porfírica y otras con distribución relacionada enaúlica, en estas últimas son bastante frecuentes los microagregados entre granos; por el contrario, en las zonas porfíricas la microestructura tiene un aspecto similar al

horizonte C, pero la mayor parte de las biotitas presentan menor tamaño de grano, color más pálido y pleocroismo menos intenso.

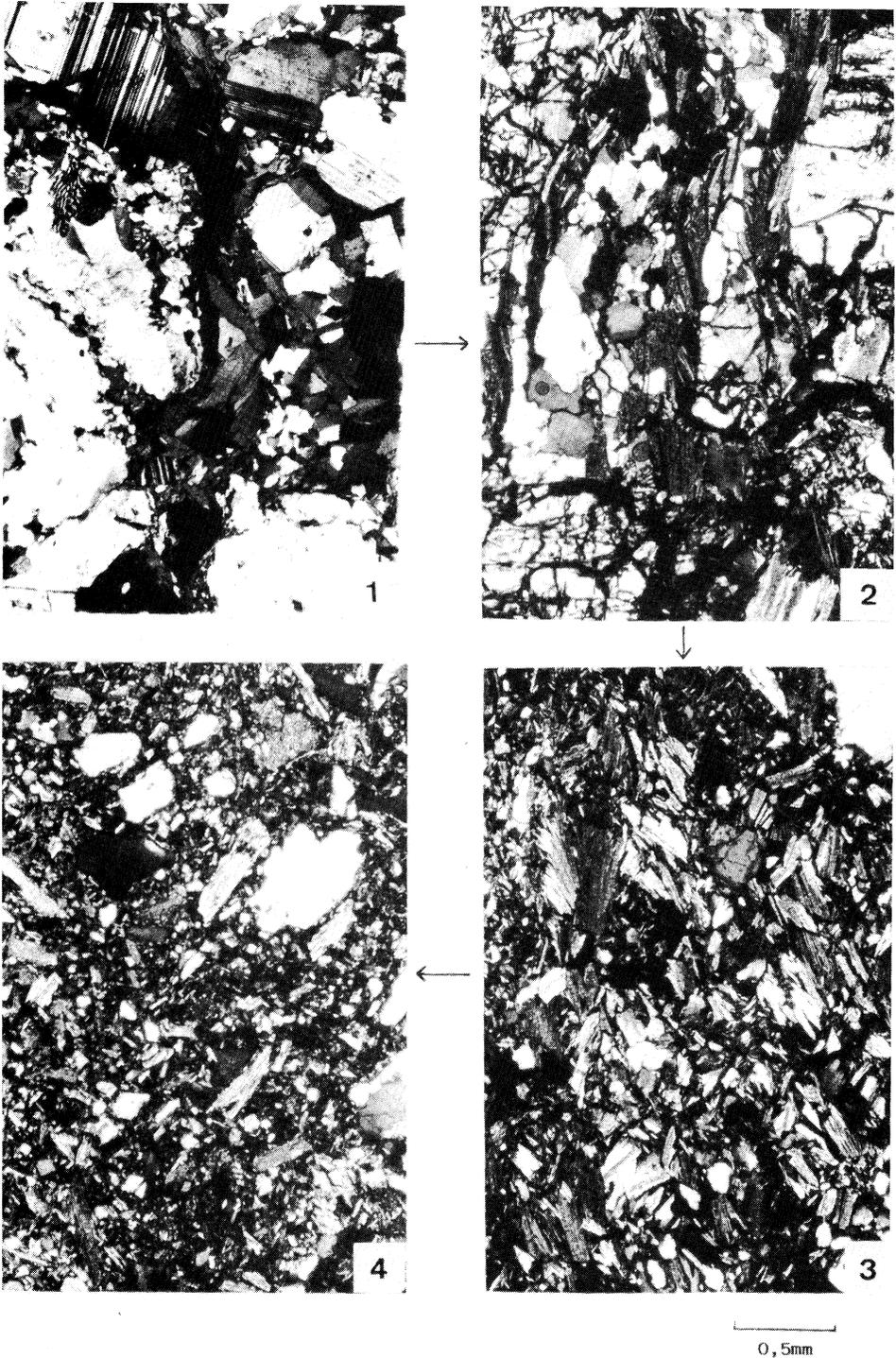
En el horizonte A, los restos orgánicos son los responsables fundamentales de sus características, así la microestructura está dominada por la presencia de microagregados «pelléticos», su distribución relacionada es enaúlica y la microestructura de microagregados entre granos, aunque en algunas zonas aparece una microestructura compleja debida a la aparición de agregados de mayor tamaño y distribución relacionada porfírica. En este horizonte lo más destacable, desde el punto de vista mineralógico, es la presencia de minerales frescos tanto en granos aislados como en pequeños fragmentos de roca; este rejuvenecimiento es un rasgo común a la mayoría de los suelos graníticos de Galicia.

Perfil de Traba

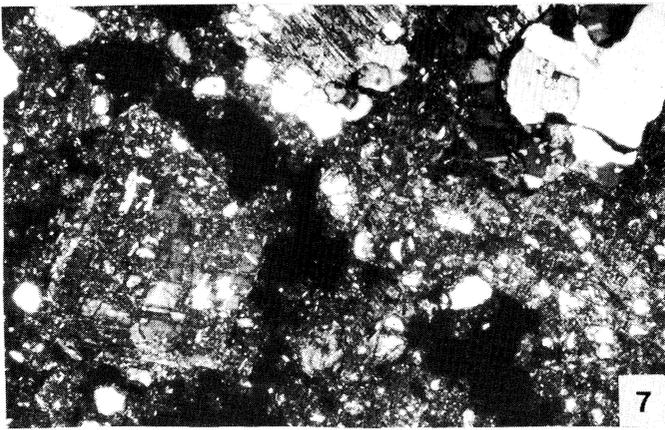
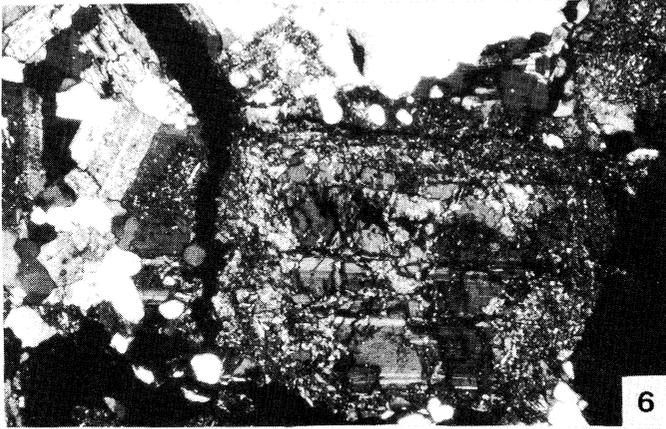
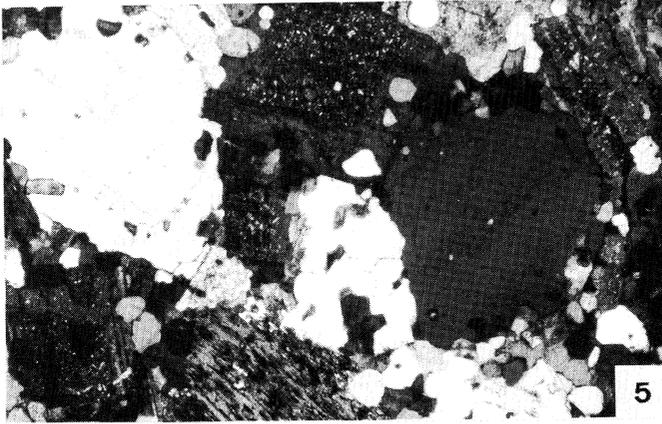
La granodiorita tardía de Traba es una roca de grano grueso con tendencia porfídica en la que destacan los megacristales de microlina peritítica, posee también plagioclasas de términos oligoclasa, frecuentemente alteradas a sericita, cuarzo alotriomorfo de grano fino o en cristales de gran tamaño y escasa biotita de color verde parcialmente cloritizada. Como accesorios contiene moscovita, apatito, circón y opacos (Foto 5).

El paso de roca a saprolita se caracteriza por la aparición de grandes huecos transmiserables que incluso llegan a alcanzar diámetros superiores a 2,5 mm; asimismo se produce un notable incremento de huecos inter e intraminerales, así como una incipiente alteración de las plagioclasas (grado 1 a 2) en gibbsita siguiendo el modelo de alteración compleja (E) de STOOPS, *et al.*, (1979) (Foto 6).

Aunque, en general, en toda la saprolita se conserva la estructura de roca, hay algunas zonas en las que es menos patente debido a que existen acumulaciones de una ma-



GRANODIORITA DE VIVEIRO: Evolución microestructural (1 → 4).



0,5mm

GRANODIORITA DE TRABA: Transformación de las plagioclasas en gibbsita.

sa arcillosa (gibbsita) teñida por oxi-hidróxidos de hierro.

En el horizonte BC desaparece la estructura de roca y se desarrolla una distribución relacionada porfírica que, en algunas zonas, tiene tendencia quitónica; esto da lugar a una microestructura esponjosa. Por otro lado, en este horizonte son muy abundantes los litorrelictos que están surcados por numerosas grietas rellenas de ferranes y ferroargilanes, asimismo se observan plagioclasas muy alteradas (grado 3 a 4, Foto 7) a gibbsita en las que muchas veces, el grano es reconocible gracias a que todavía conservan en su interior pequeños cristales de moscovita (sericita).

Por último, en el horizonte superficial son muy abundantes los restos orgánicos, así aparecen raíces, «pellets» y restos de carbón. La distribución relacionada es enaúlica y la microestructura compleja, con predominio de microagregados entre granos. Dentro de los minerales frescos que aparecen en este

horizonte cabe destacar granos de feldespato potásico, cuarzo y muy escasa plagioclasa, también consecuencia del rejuvenecimiento del perfil.

ESTUDIO MINERALOGICO

Perfil de Viveiro

En la granodiorita de Viveiro las transformaciones más significativas (Tabla I) en el paso de roca fresca a saprolita son: la destrucción de feldespatos y biotitas y la formación de gibbsita e interestratificados biotita-vermiculita, en las primeras etapas, y de filosilicatos 1:1 dioctaédricos, a medida que se asciende en el perfil (Fig. 1a).

Los feldespatos evolucionan fundamentalmente a gibbsita, mineral que supone el 52 % de la arcilla de la saprolita, siendo esta transformación más rápida, tal como se ha comprobado al microscopio petrográfico, en

TABLA I.- PERFIL DE VIVEIRO. ANALISIS MINERALOGICO Y GRANULOMETRICO.

	Q	FELD	M	INTER*	FIL.1:1	GIB	ANF
MUESTRA TOTAL							
Roca fresca	x	xx	xxx	-	-	-	-
Roca alterada	xx	xx	xx	T	-	-	-
Saprolita	xx	x	x	x	T	T	-
Hor. C	xx	T	-	x	x	T	-
Hor. B	xx	T	T	x	x	-	-
Hor. A	xx	x	T	T	x	-	-
ARCILLA							
Sapr.	-	-	T	x	xx	xxx	-
Hor. C	-	-	-	T	xx	xx	-
Hor. B	-	-	-	T	xxx	x	-
Hor. A	-	-	-	x	xx	T	-
LIMO							
Sapr.	xx	T	x	xxx	x	x	-
Hor. C	xx	T	T	xx	xx	x	T
Hor. B	x	T	T	xx	xxx	T	-
Hor. A	xx	x	T	T	xx	T	-
ARENA							
Sapr.	xx	T	x	xx	-	T	T
Hor. C	xx	T	T	xx	T	-	-
Hor. B	xx	T	T	xx	T	-	-
Hor. A	xx	x	T	T	T	-	-

* Los interestratificados son de tipo biotita-vermiculita

	A.gruesa	A.fina	L.grueso	L.fino	Arcilla	TEXTURA
Sapr.	28,89	37,56	9,83	14,34	9,38	Franco arenosa
Hor. C	22,10	42,28	12,21	12,77	10,64	Franco arenosa
Hor. B	17,98	41,49	13,17	18,64	10,52	Franco arenosa
Hor. A	26,20	34,54	10,84	4,78	13,64	Franco arenosa

las plagioclasas, cuya desaparición se produce entre las fases roca alterada y saprolita. La formación directa de gibbsita a partir de feldespatos ya fue señalada por LODDING (1972), ESWARAN y WONG (1978) y CALVER *et al.* (1980) entre otros.

El componente vermiculítico de los intergrados biotita-vermiculita es, en la mayoría de las muestras, de tendencia hidroxialumínica. Estos intergrados se forman a expensas de las biotitas y la transformación ocurre incluso manteniendo un tamaño de grano bastante grueso (arena y limo).

En los diagramas de D. R. X. de la fracción limo (Fig. 2) puede observarse el comportamiento de estos minerales interestratificados; así, en el limo saturado en Mg de la saprolita aparecen efectos a 2,4; 1,4 y 1,2 y 1,0 nm que colapsan a 0,99 nm al calentar a 550°C; tras saturar en K y calentar a 110°C el pico de 1,4 nm colapsa a 1,0 nm mientras que para que se produzca el colapsamiento del efecto a 1,2 nm es necesario calentar a 330°C. Esto nos indica que en la muestra aparecen dos tipos de interestratificados, uno ordenado con efectos a 2,4; 1,4 y 1,0 nm similar a los descritos por GRUNER (1934), COLEMAN *et al.* (1963), y KAPOOR (1972) y otro, más abundante, desordenado del tipo de los que encuentran, entre otros, BARSHAD (1949) y WALKER (1948), y que en este caso presenta tendencia hidroxialumínica ya que es necesario calentar a 330°C los agregados orientados saturados en K para que el efecto colapse a 1,0 nm.

En este perfil, el esquema general de la evolución de las biotitas parece ser el siguiente:

Biotita
↓
Interestratificado biotita-vermiculita ordenado
↓
Interestratificado biotita-vermiculita desordenado y de tendencia hidroxialumínica

Es posible que el proceso de degradación de estos minerales continúe hacia filosilicatos 1:1 dioctaédricos, ya que la fracción arcilla de los horizontes más evolucionados apenas contiene minerales de tipo vermiculítico; sin embargo el incremento de minerales caoliníticos en el curso de la alteración no sólo tiene este origen, sino que también procede de los feldespatos.

Los filosilicatos 1:1 dioctaédricos, en la fracción arcilla, presentan débil cristalinidad, ya que los efectos son poco simétricos, el 0,44 nm es más alto que el 0,7 y 0,35 y no desaparece al orientar las muestras. Podría decirse que se trata de filosilicatos 1:1 dioctaédricos de tipo halloysítico.

La evolución mineralógica sufre un cambio al llegar al horizonte A, no sólo por la presencia de minerales frescos sino también por la disminución en la proporción de gibbsita y la menor tendencia hidroxialumínica que muestran los interestratificados biotita-vermiculita; esto último es debido a que la materia orgánica es capaz de complejar el aluminio y, por tanto, será menor la cantidad de este elemento en el medio para formar la gibbsita y las intercapas hidroxialumínicas en las vermiculitas (ROMERO *et al.*, 1990).

Perfil de Traba

Como ya se ha comentado en la evolución micromorfológica, lo más representativo de este perfil es la alteración pseudomórfica de las plagioclasas en gibbsita; mineral que forma la mayor parte de la fracción más evolucionada de las saprolitas y del horizonte BC (Tabla II y Fig. 1b).

En cuanto a los minerales micáceos hay que destacar que se seleccionaron y estudiaron por D. R. X. granos de biotitas cloritizadas contenidas en la roca fresca; en los diagramas aparecen los efectos típicos de la biotita y de la clorita trioctaédricas, no apreciándose el comportamiento de los interes-

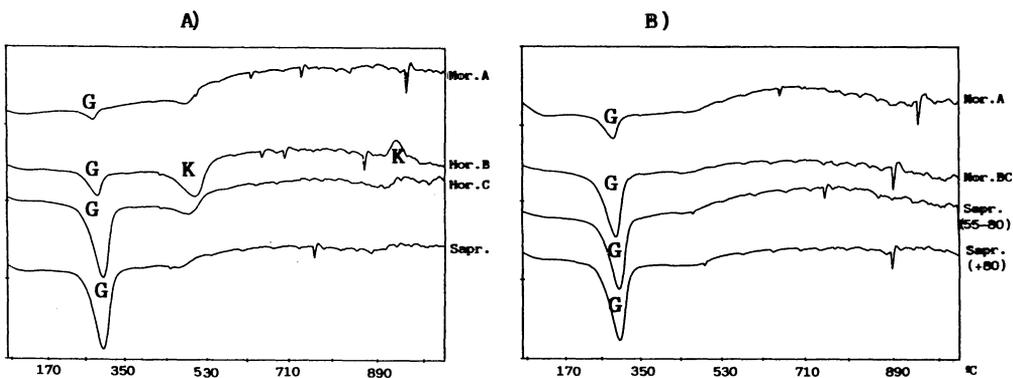


Fig. 1. Diagramas de A.T.D. de la fracción arcilla. A) Perfil de Viveiro. B) Perfil de Traba. G = Gibbsite, K = Caolín.

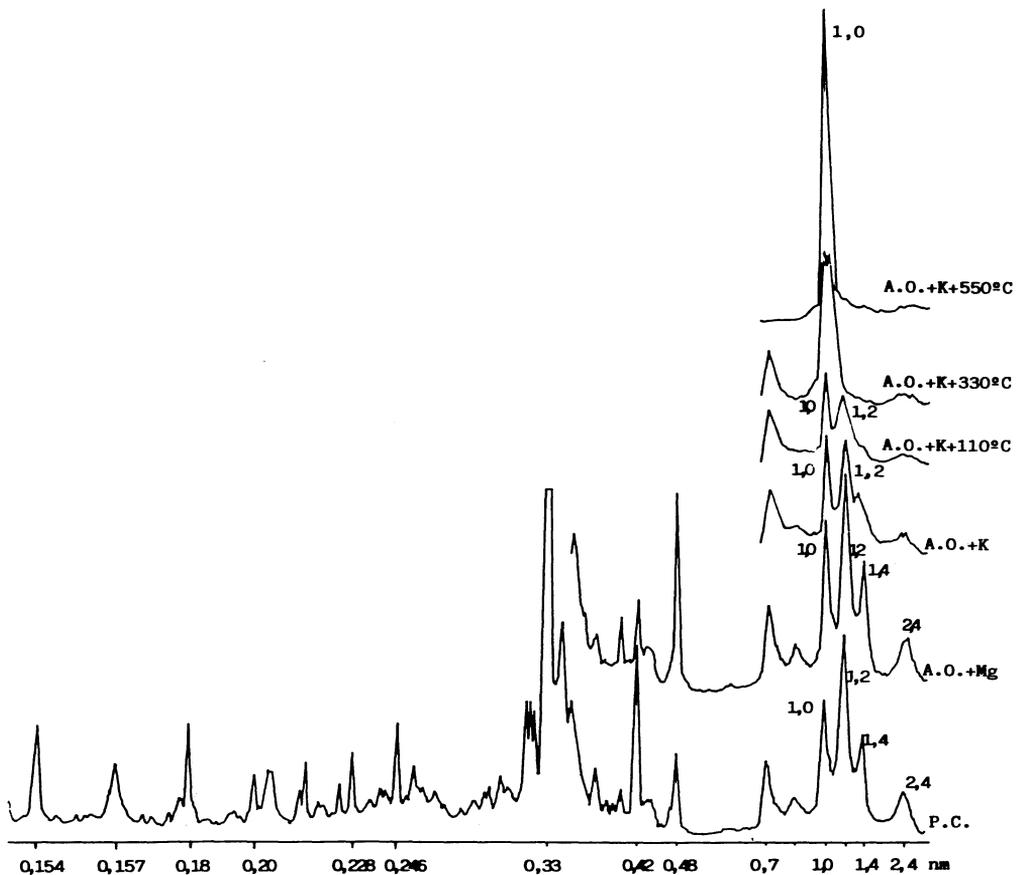


Fig. 2. Diagramas de D.R.X. de la fracción limo de la saprolita del perfil de Viveiro.

TABLA II.- PERFIL DE TRABA. ANALISIS MINERALOGICO Y GRANULOMETRICO

	Q	FELD	B-CL	VERM	CL-HIN	GIB
MUESTRA TOTAL						
Roca fresca	xx	xxx	T	-	-	-
Sapr. (+80cm)	xx	xxx	T	-	-	T
Sapr. (55-80cm)	xx	xxx	T	-	-	T
Hor. BC	xx	xxx	T	-	-	T
Hor. A	xx	xxx	T	-	-	T
ARCILLA						
Sapr. (+80cm)	-	-	T	T	-	xx
Sapr. (55-80cm)	-	-	-	T	-	xx
Hor. BC	-	-	-	T	-	xx
Hor. A	T	-	-	T	-	x
LIMO						
Sapr. (+80cm)	xx	xxx	x	T	T	T
Sapr. (55-80cm)	x	xx	x	T	T	T
Hor. BC	x	xx	x	x	-	T
Hor. A	x	xx	x	x	-	T
ARENA						
Sapr. (+80cm)	xx	xxx	T	T	-	-
Sapr. (55-80cm)	xx	xxx	T	T	-	-
Hor. BC	x	xxx	T	T	-	-
Hor. A	xx	xxx	T	-	-	-

	A.gruesa	A.fina	L.grueso	L.fino	Arcilla	TEXTURA
Sapr. (+80)	54,91	21,01	7,98	10,79	5,31	Arenoso franca
Sapr. (55-80)	48,85	29,47	6,30	8,38	7,00	Arenoso franca
Hor. BC	47,34	27,00	5,81	8,27	11,58	Franco arenosa
Hor. A	57,99	25,98	4,18	8,96	2,89	Arenoso franca

tratificados mica-clorita desordenados tales como los descritos por SAWHNEY (1989).

Estos minerales, durante la meteorización, evolucionan hacia vermiculitas hidroxialumínicas que se concentran, fundamentalmente, en la fracción limo; aunque cuando se estudia con detalle el limo de la saprolita, se ve que los agregados orientados saturados en Mg presentan efectos a 1,0; 1,4 y 1,5 nm y este último se desplaza a 1,7 nm al solvatar con etilenglicol; al calentar las muestras saturadas en K a distintas temperaturas (110°, 330° y 550°C) el efecto a 1,4 nm va colapsando hacia 1,0 nm quedando sólo un pequeño pico a 1,3 nm (Fig. 3). Se puede concluir que estas muestras de limo contienen biotita, vermiculita hidroxialumínica y un interstratificado clorita-clorita hinchable, este último es muy escaso.

Parece que las biotitas cloritizadas o, al menos las partes cloritizadas de las biotitas, pueden perder parcialmente las capas hidroxil-Fe o hidroxil-Mg y dar lugar a una clorita hinchable tal como sugiere SAWH-

NEY (1989). Aunque finalmente evolucionan a vermiculitas hidroxialumínicas.

Los limos de los horizontes edáficos así como las arcillas de todas las muestras sólo presentan como productos de degradación de las biotitas cloritizadas vermiculitas hidroxialumínicas; además, hay que destacar que la cantidad de estos filosilicatos 2:1 en la fracción arcilla es muy baja.

Finalmente, como ya se ha señalado en la descripción microscópica, hay que recordar la presencia de oxi-hidróxidos de hierro no cristalinos, aunque sus efectos no se manifiestan en los diagramas de D. R. X., compuestos que se formarán tras la liberación y posterior oxidación del hierro de las biotitas cloritizadas.

DISCUSION

El análisis comparativo de los dos perfiles de alteración indica que, pese a partir de dos rocas graníticas de tipo calcoalcalino, la

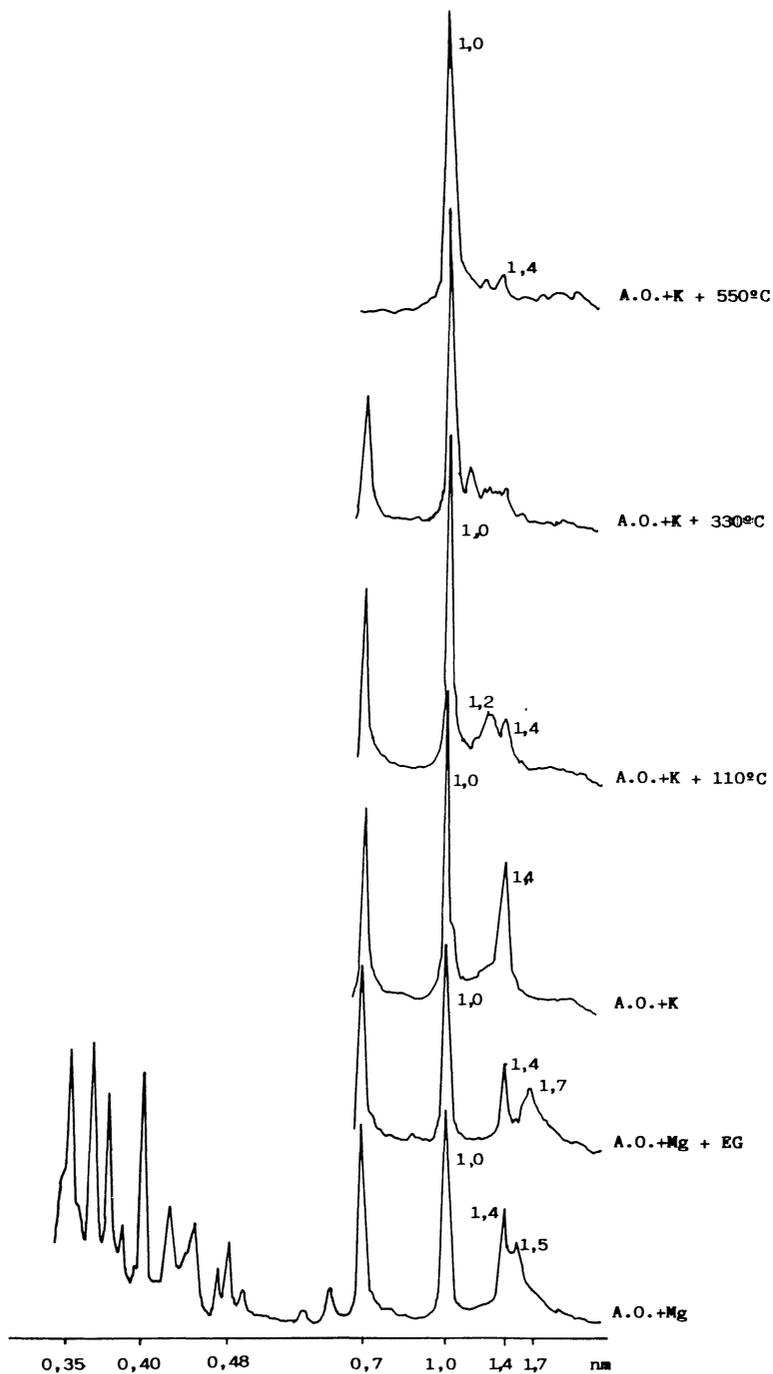


Fig. 3. Diagramas de D.R.X. de la fracción limo de la saponita del perfil de Traba.

alteración que siguen es bastante diferente, sobre todo en lo que se refiere a la evolución de los feldespatos, pues en Traba como único producto aparece gibbsita, mientras que en el perfil de Viveiro en una primera etapa se forma gibbsita y, a medida que progresan los procesos de meteorización y edafización, el componente dominante en la fracción arcilla será el filosilicato 1:1 dioctaédrico.

Las diferencias se deben, sin duda alguna, al diferente grado de lixiviación a que están sometidos los materiales. Ahora bien, hay que indicar que el mayor o menor drenaje no es debido sólo a que en la zona de Traba, tal como indican los datos climáticos, la precipitación sea mayor que en Viveiro, sino que se puede afirmar que son también las características intrínsecas del material de partida las que condicionan su futura evolución, sobre todo en lo que se refiere al tamaño de los huecos.

Así del perfil de Traba (roca de grano grueso con tendencia porfídica) hay que recordar tanto la gran proporción de partículas gruesas (Tabla II) como la amplitud de sus fisuras; además la alteración de las plagioclasas en gibbsita es pseudomorfa incluso hasta la sustitución total, ello quiere decir que se retarda la redistribución de esas partículas arcillosas hacia los huecos y, aunque esto se produzca, nunca llegan a colmatarse.

Por el contrario, en el perfil de Viveiro ya se parte de una granodiorita de grano fino y, en el curso de la alteración, la proporción de partículas finas se incrementa rápidamente y tapiza con facilidad los posibles huecos formados en las etapas iniciales. En este sentido cabe señalar que los pequeños granos de biotita, al presentar gran superficie específica, se deshacen y alteran fácilmente, suministrando fracciones todavía más finas; sin embargo, en la granodiorita de Traba la biotita forma cristales de mayor tamaño que tardan más en transformarse en fracciones finas.

Por todo ello en el perfil de Traba, con drenaje muy fuerte, el proceso de meteorización puede calificarse como alitización; mientras que en el perfil de Viveiro, al ir

disminuyendo el drenaje el proceso de meteorización pasa a ser monosialítico en las etapas finales.

La transformación de los minerales micáceos es similar en ambos perfiles, porque en los dos casos evolucionan hacia vermiculitas hidroxialumínicas; quizás las únicas diferencias significativas sean la, ya comentada, evolución más rápida en los granos de biotita de menor tamaño y la aparición de una etapa intermedia (clorita hinchable) en las biotitas cloritizadas de la granodiorita de Traba.

CONCLUSIONES

1) La gibbsita es el primer producto que se forma en las fases iniciales de la alteración de las plagioclasas contenidas en las granodioritas estudiadas, comprobándose que la transformación es pseudomorfa en el caso de la granodiorita de Traba.

2) La permanencia de la gibbsita como único producto de alteración de las plagioclasas está ligada a la evolución textural del perfil, ya que si la abundancia de productos finos hace disminuir el drenaje se forman filosilicatos 1:1 dioctaédricos de tipo halloysítico.

3) Pese a que en un perfil la biotita está cloritizada y en el otro no, ambas evolucionan hacia vermiculitas hidroxialumínicas. Esta evolución es muy rápida cuando la roca original es de grano fino.

4) El estudio de la fracción limo permite examinar con detalle los pasos que sigue la alteración mineral, pues sólo en esta fracción se observa la formación de una clorita hinchable como etapa intermedia entre las biotitas cloritizadas y las vermiculitas hidroxialumínicas.

5) Tanto la abundancia de gibbsita como la formación de capas hidroxialumínicas en las vermiculitas muestran una clara tendencia alitizante en los procesos de meteorización de granodioritas en Galicia, tendiendo hacia la monosialitización cuando el grado de drenaje disminuye un poco.

BIBLIOGRAFIA

- BARSHAD, I. (1948). Vermiculite and its relation to biotite as revealed by base exchange reactions, X-ray analyses, differential thermal curves, and water environment (1989) Dixon & Weed (Ed.). Soil Science Society of America. Madison, W., U. S. A.
- BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., STOOPS, G., TURSINA, T., BABEL, U. *et al.* (1984). Handbook for soil thin section description. 150 pp. Wayne Research Publications. Londres.
- CAPDEVILA, R. y FLOOR, P. (1970). Les différents types de granites hercyniens et leur distribution dans le nord-ouest de L'Espagne. Bol. Geol. Min., 81(2-3): 215-225.
- CALVERT, C. S., BUOL, S. W. y WEED, S. W. (1980). Mineralogical characteristics and transformations of a vertical rock-saprolite-soil sequence in the North Carolina Piedmont. II Feldspars alteration products. Their transformation through the profile. Soil Sci. Soc. Am. J., 44: 1104-1112.
- COLEMAN, N. T., LE ROUX, F. H. y CADY, J. G. (1963). Biotite-hydrobiotite-vermiculite in soils. Nature (London), 198: 409-410. En minerals in soil environments (1989) Dixon & Weed (Ed.). Soil. Sci. Soc. of America. U. S. A.
- DIXON, J. B. y WEED, S. B. Eds. (1989). Minerals in soil environments. 1244 pp. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, U. S. A.
- ESWARAN, H. y WONG, C. B. (1978). A study of a deep weathering profile on granite in peninsular Malaysia. III. Alteration of feldspars. Soil. Sci. Soc. Am. J., 42: 154-158.
- F. A. O. (1989). Soil map of the world, revised legend. Revised. Third Draft. F. A. O.-U. N. E. S. C. O.
- GRUNER, J. W. (1934). The structure of vermiculites and their collapse by dehydration. Am. Miner., 19: 557-578. En: Minerals in soil environments (1989) Dixon & Weed (Ed.) Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, U. S. A.
- GUITIAN, F. y CARBALLAS, T. (1976). Técnicas de análisis de suelos. Ed. Pico Sacro, Santiago.
- KAPOOR, B. S. (1972). Weathering of micaceous clays in some Norwegian podzols. Clay Miner., 9: 383-394.
- LODDING, W. (1972). Conditions for the direct formation of gibbsite from K-feldspar-discussion. Am. Mineral., 57: 292-294.
- ROMERO, R., TABOADA, T. y GARCIA, C. (1991). Influencia del grado de complejación de la materia orgánica en la naturaleza de la fracción arcilla en suelos graníticos. Actas de la XVIII Reunión nacional de suelos, pp: 509-515.
- SAWHNEY, B. L. (1989). Interstratification in layer silicates. Cap. 16: 789-828. En: Minerals in soil environments. Dixon & Weed (Ed.) Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, U. S. A.
- SOIL CONSERVATION SERVICE (1989). Soil Taxonomy. U. S. Dep. Agric. Washington D. C.
- STOOPS, G., ALTEMULLER, H. J., BISDOM, E. B. A., DELVIGNE, J., DOBROVOLSKY, V. V., FITZPATRICK, E. A., PANEQUE, G. y SLEEMAN, J. (1979). Guidelines for the description of biotite in soil micromorphology. Pedologie, 29(1): 121-135. Ghent.
- WALKER, G. F. (1949). The decomposition of biotite in soil. Mineral. Mag., 28: 693-703. En: Mineral in soil environment (1989). Dixon & Weed (Ed.) Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, U. S. A.

*Recibido, 14-III-92
Aceptado, 18-VIII-92*