

CARACTERIZACION DE UN PERFIL DE ALTERACION SOBRE EL GRANITOIDE DE LOS MONTES DE OLERON (GALICIA, NW ESPAÑA)

TERESA M. TABOADA RODRIGUEZ y CARLOTA GARCIA PAZ

Dpto. de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Biología. Universidad de Santiago. 15706 SANTIAGO.

Abstract: The weathering process that occurs in an inhomogeneous granite near Santiago de Compostela is studied using microstructural, mineralogical and geochemical analysis.

In the first stages the weathering of the rock is pseudomorphic with deep mineralogical changes; plagioclases are transformed to gibbsite and dioctahedral 1:1 phyllosilicates and chlorites to a chlorite-vermiculite interstratified mineral and low crystalline iron oxi-hydroxides; quartz and K-feldspars remain unaltered.

The 'solum' shows, together with an enrichment in fresh minerals, marked microstructural changes. The BC and BA horizons have a porphyric related distribution and a spongy microstructure; in A horizons related distribution is enaulic and an the microstructure is complex, with dominance of intergrain microaggregate type.

The inhomogeneous character of the rock and the rejuvenation of the profile are reflected by geochemical weathering indexes. The following mobility of elements: Ca > Na > Si, Mg > K > Al > Fe > Mn is shown by isovolumetric calculations.

Key words: Granitic rock, weathering, microstructure, chlorite, vermiculite, dioctahedral 1:1 phyllosilicates, gibbsite.

Resumen: Se estudia la meteorización de un granitoide inhomogéneo situado en las proximidades de Santiago de Compostela. Se realiza un análisis microestructural, mineralógico y geoquímico.

En las primeras etapas la meteorización de la roca es pseudomorfa, las plagioclasas se transforman en un agregado arcilloso constituido por gibbsita y filosilicatos 1:1 dioctaédricos y las cloritas en interestratificados de tipo clorita-vermiculita y oxi-hidróxidos de hierro de débil cristalinidad; el feldespato potásico y el cuarzo permanecen prácticamente inalterados.

En los horizontes superiores se producen aportes de minerales frescos y marcados cambios microestructurales. Los horizontes BC y BA presentan distribución relacionada porfírica y microestructura esponjosa, el horizonte A tiene distribución relacionada enáulica y microestructura compleja con predominio de zonas de microagregados entre granos.

La heterogeneidad original de la roca y el rejuvenecimiento del perfil quedan reflejados en los índices de alteración geoquímica. El cálculo isovolumétrico indica el siguiente orden de movilidad: Ca > Na > Si, Mg > K > Al > Fe > Mn

Palabras claves: Granito, meteorización, microestructura, clorita, vermiculita, filosilicatos 1:1 dioctaédricos, gibbsita.

INTRODUCCION

En este trabajo se estudia un perfil de alteración desarrollado sobre el granitoide inhomogéneo de los Montes de Olerón (proximidades de Santiago de Compostela), el carácter inhomogéneo es fácilmente reconocible en los afloramientos, ya que es frecuente la aparición de «restitos» en los que se observa una clara foliación. Es una roca de grano fino a medio, con facies locales de tipo porfídico y con textura ligeramente planar lepidoblástica.

Según los criterios de la F.A.O. (1989) el suelo desarrollado es un Cambisol húmico. Se han recogido muestras de la roca fresca y de los siguientes horizontes: Ah de 0-30 cm, BA de 30-50 cm, BC de 50-90 cm y del horizonte C (90-158 cm) formado por una saprolita heterogénea, abigarrada con tonos rojizos, en la que se han diferenciado dos muestras, una de ellas (C1 de 90-130 cm) correspondiente a una saprolita típicamente granítica y otra que conserva una orientación indicativa de su carácter restítico (C2 de 130-158 cm).

Desde el punto de vista climático la zona se caracteriza por una precipitación media anual de 1288mm y una temperatura media anual de 12,9°C (Carballeira et al., 1983). El clima del suelo presenta un régimen de temperatura méxico y un régimen de humedad údico.

METODOS

El estudio realizado comprende las siguientes determinaciones:

- Análisis mecánico (Gutián y Carballas, 1976).

- Densidad real y densidad aparente (Gutián y Carballas, 1976). En las saprolitas la densidad aparente se determina en muestras secas al aire e impermeabilizadas con una laca, mediante picnómetro de 50ml y boca de 29mm, enrasando con agua destilada a 4°C y realizando diversas pesadas.

- Análisis por D.R.X (radiación de Cu α ,

monocromador de grafito, 40kV y 30mA) de las muestras totales (que incluyen también la fracción superior a 2mm) y de las fracciones arena, limo y arcilla. Se obtuvieron diagramas de polvo cristalino, agregados orientados saturados en Mg y K (Gutián y Carballas, 1976) que se calentaron a diferentes temperaturas y se trataron con etilenglicol así como, en los casos necesarios, con formamida (Churchman y Theng, 1984).

- Análisis térmico diferencial en atmósfera de nitrógeno utilizando polvo de alumina como referencia y a una velocidad de 10°C/minuto.

- Realización de láminas delgadas: Las descripciones microestructurales siguen la terminología de Stoops *et al.* (1979) y Bullock *et al.* (1984).

- Análisis químico total mediante digestiones ácidas en reactores a presión (Gutián Rivera, 1982).

- pH de abrasión y medida de la concentración de cationes de la disolución de abrasión (Grant, 1969).

EVOLUCION MICROMORFOLOGICA

La roca fresca es de grano medio a fino, alotriomorfa y con signos de deformación. Está constituida por cuarzo, plagioclasas, feldespato potásico, clorita y moscovita (foto 1 y tabla 1).

Los cristales de cuarzo tienen extinción ondulante. Las plagioclasas están muy seritizadas y sólo en algunas es posible diferenciar la macla polisintética de la albita. El feldespato potásico, menos abundante que la plagioclasa, es fundamentalmente microclina. La clorita, muy abundante, con frecuentes inclusiones de minerales opacos, es el mineral que marca la orientación de la roca. La moscovita aparece en pequeña proporción y, en general, en cristales tabulares.

La muestra de roca fresca está ligeramente meteorizada, lo que se manifiesta por la aparición de microfracturas que en algunas ocasio-

nes están parcialmente recubiertas por oxi-hidróxidos de hierro (foto 1).

En la saprolita (foto 2) la meteorización es pseudomorfa, siendo las plagioclasas y las cloritas los minerales más afectados. Las plagioclasas se transforman en agregados arcillosos constituidos por gibbsita y filosilicatos 1:1 dioctaédricos, en los que se reconoce su procedencia por la presencia de residuos dispersos de los primitivos cristales de plagioclasa. Las cloritas evolucionan hacia oxi-hidróxidos de hierro que rellenan huecos trans-, inter- e intraminerales y un mineral de aspecto vermiforme (foto 3) que, tras la separación de micromuestras, fue identificado por D.R.X como vermiculita.

En el horizonte BC se destruye la estructura de roca, dando lugar a un horizonte edáfico con distribución relacionada porfírica que, en algunas zonas, tiene tendencia quitónica. Los granos minerales gruesos son, fundamentalmente, de cuarzo, feldespato potásico, escasa plagioclasa y pseudopartículas del mineral vermiforme que se conservan debido a que están recubiertas por oxi-hidróxidos de hierro; son también bastante abundantes los litorrelictos en diversos grados de alteración. La microestructura de este horizonte es esponjosa.

En el horizonte BA la masa basal, de color pardo amarillento, está constituida por microagregados de materia mineral y orgánica íntimamente asociadas; en ella destacan granos de cuarzo y feldespato potásico, así como escasos litorrelictos y nódulos de color rojizo e isótropos. La distribución relacionada es porfírica con cierta tendencia enáulica y la microestructura esponjosa.

La microestructura del horizonte A (foto 4) es compleja con predominio de zonas de microagregados entre granos cuya distribución relacionada es enáulica y zonas, más compactas, donde los agregados de suelo son de mayor diámetro (entre 0,5 y 1mm) y en cuyo interior se observa una distribución relacionada de tendencia porfírica; abundan en este horizonte los restos vegetales en diversos grados de transformación.

EVOLUCION MINERALOGICA

En la tabla 1 se presenta la composición mineralógica de las distintas muestras del perfil. En cuanto a los minerales primarios, lo más destacable es que mientras el contenido en plagioclasas disminuye a medida que progresa la alteración, los feldespatos potásicos sufren un incremento relativo, lo que indica su menor alterabilidad.

Como productos de neoformación se encuentran filosilicatos 1:1 dioctaédricos, gibbsita, oxi-hidróxidos de hierro de débil cristalinidad (sus efectos no aparecen en los diagramas de D.R.X, pero son observables al microscopio petrográfico) y minerales de tipo vermiculítico.

El filosilicato 1:1 dioctaédrico supone un porcentaje importante en las fracciones más finas (limo y arcilla) tanto en la saprolita como en el horizonte BC, mientras que en los horizontes BA y A su contenido desciende. Se trata de un filosilicato 1:1 dioctaédrico de tipo halloysítico como lo demuestra el diagrama de polvo cristalino (Fig. 1a) y lo confirma el test de la formamida, pues se produce un desplazamiento del efecto de 0.7nm a 1.0nm dentro de las primeras 4 horas del tratamiento (Fig. 1a).

La gibbsita se concentra fundamentalmente en la fracción arcilla, su contenido aumenta a medida que se asciende en el perfil, pero en el horizonte A desciende debido a la presencia de materia orgánica que compleja el aluminio e impide la neoformación de gibbsita (Wilson, 1969; Macías, 1981 y Romero *et al.*, 1991).

Los productos de degradación de la clorita son fundamentalmente interestratificados de tipo clorita-vermiculita similares a los descritos por Sawhney (1989); ya que en los agregados orientados saturados en magnesio aparecen efectos a 1.4nm que permanecen al saturar en potasio y que, tras someterlos a un calentamiento de 550°C, colapsan sólo hasta 1.17 nm, tal como puede observarse en la Fig. 1b.

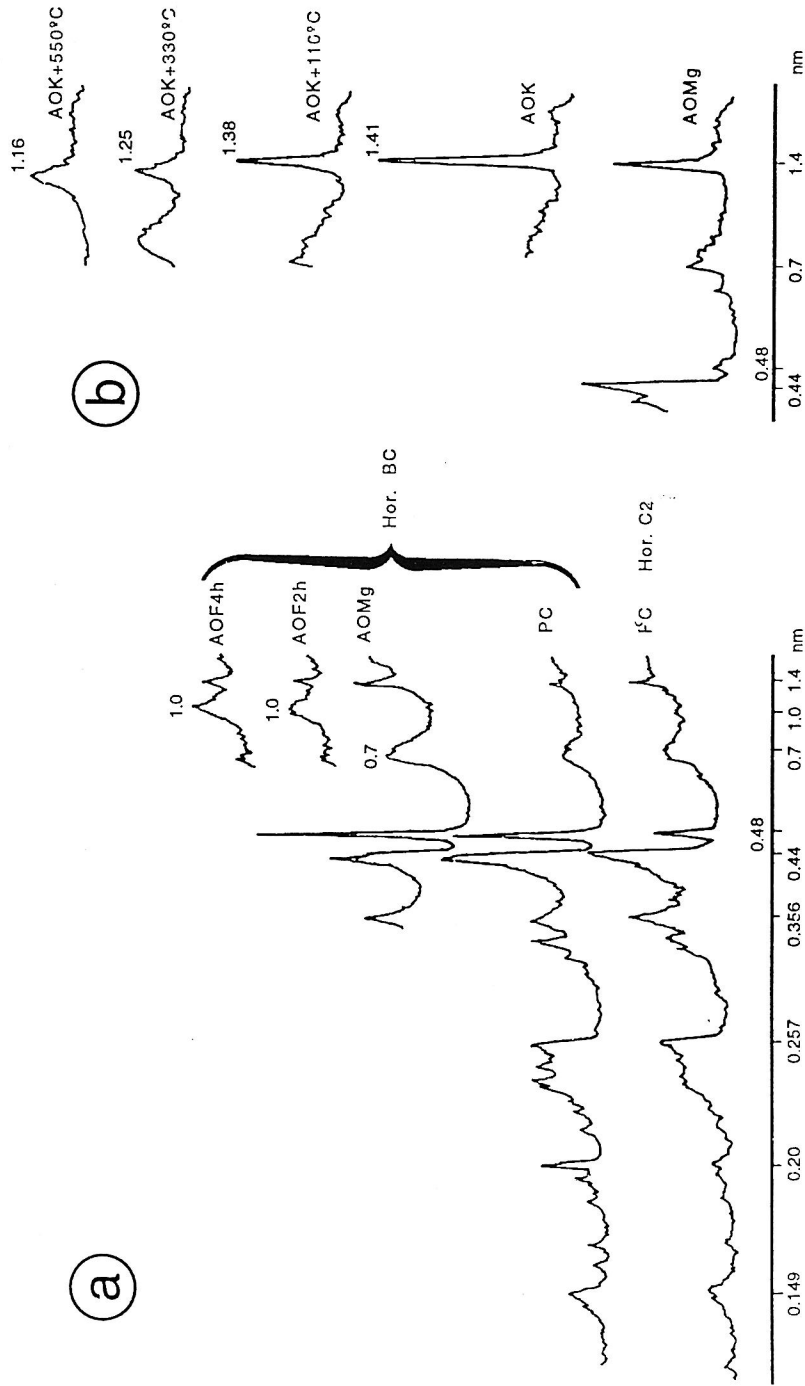
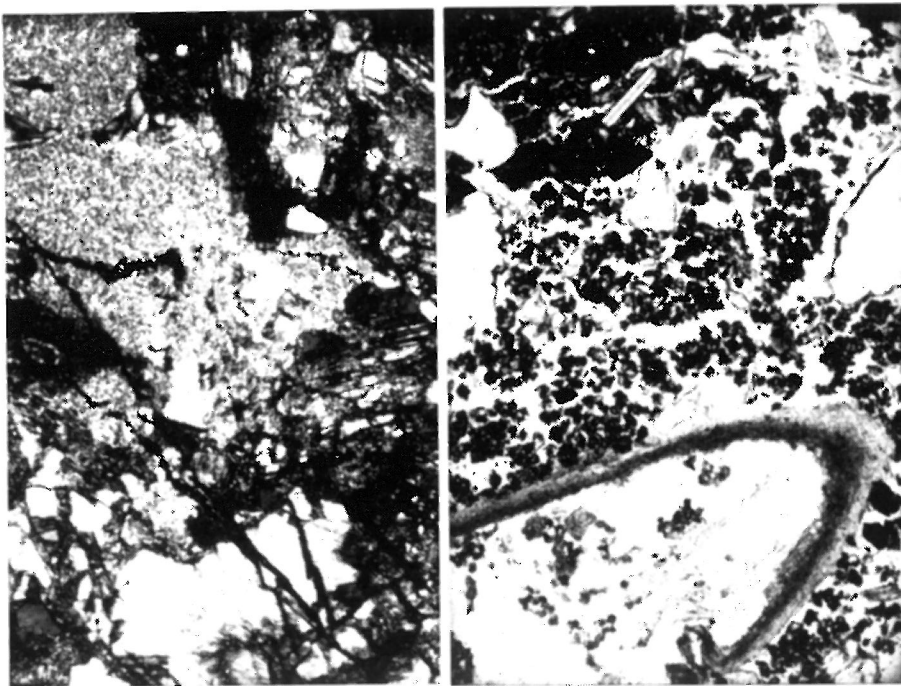


Figura 1.- Diagramas de D.R.X: a) Fracción arcilla de los horizontes C2 y BC. b) Fracción limo del hor. C2.

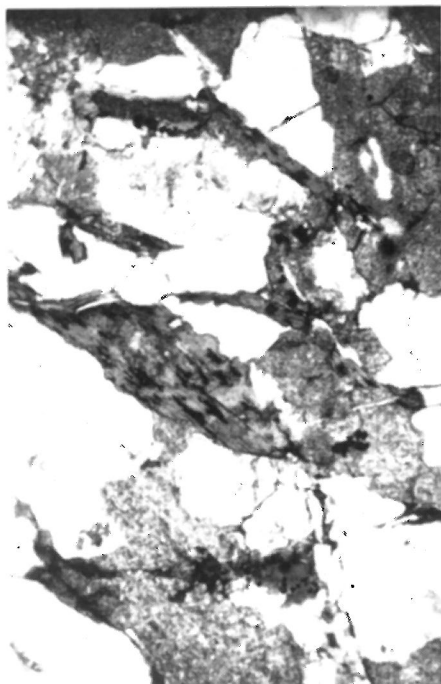
Figura 1a: PC=Polvo cristalino saturado en Mg, AOMg=Agregado orientado saturado en Mg, AOF2h=AOMg solvato con formamida a las dos horas de tratamiento, AOF4h=AOF a las cuatro horas del tratamiento.

Figura 1b: AOMg=Agregado orientado saturado en Mg, AOK=Agregado orientado saturado en potasio, AOK+110°C=AOK calentado a 110°C, AOK+330°C=AOK calentado a 330°C, AOK+550°C=AOK calentado a 550°C.

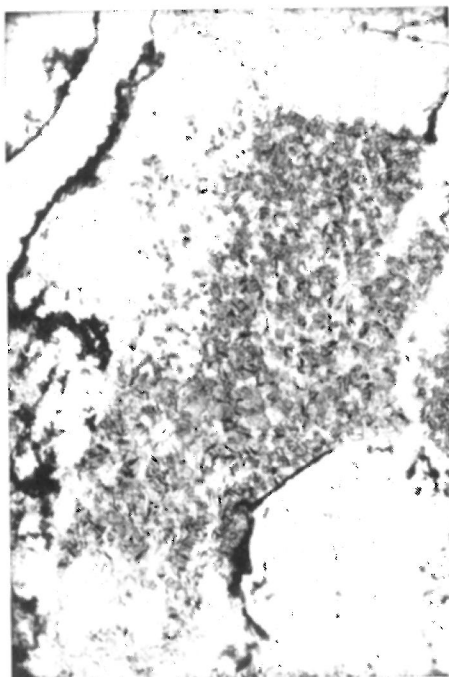


2

4



1



3

Foto 1.- Roca original: cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa seritizada, clorita y opacos. Foto 2.- Transformación pseudomorfa de las plagioclasas y de las cloritas en la saprolita. Nícoles cruzados x 40. Foto 3.- Evolución de las cloritas a vermiculitas y oxi-hidróxidos de hierro. Nícoles paralelos x 100. Foto 4.- Microestructura compleja en el horizonte A. Nícoles paralelos x 40.

TABLA 1- Análisis mineralógico y granulométrico (USDA)

	Q	FK	P	M	CL	CL-V	1:1	GIB
MUESTRA TOTAL								
Hor. Ah	xx	xx	xx	T	-	T	T(5%)	-
Hor. BA	x	xx	xx	-	-	T	T(5%)	T(1%)
Hor. BC	x	xx	xx	-	-	T	T(5%)	T(1%)
Hor. C1	x	xxx	xx	-	-	x	T(5%)	-
Hor. C2	xx	xxx	xx	-	-	T	-	-
Roca fresca	xx	xx	xxx	x	x	-	-	-
ARCILLA								
Hor. Ah	-	-	-	T	-	x	x(17%)	x(6%)
Hor. BA	-	-	-	T	-	x	xx(28%)	x(15%)
Hor. BC	-	-	-	-	-	x	xx(45%)	x(12%)
Hor. C1	-	-	-	-	-	x	xx(30%)	x(12%)
Hor. C2	-	-	-	-	-	x	xx(40%)	x(7%)
LIMO								
Hor. Ah	xx	x	xx	T	T	T	T	T(1%)
Hor. BA	x	T	x	T	-	x	xx(35%)	T(4%)
Hor. BC	T	T	T	-	-	x	xx(49%)	T(5%)
Hor. C1	x	xx	xx	-	-	T	xx(45%)	T(2%)
Hor. C2	T	xx	xxx	-	-	x	xx(40%)	T(1%)
ARENA								
Hor. Ah	xxx	xx	xx	T	-	T	-	-
Hor. BA	xxx	xx	xx	T	-	x	-	-
Hor. BC	T	xx	x	-	-	x	-	-
Hor. C1	x	xxx	x	-	-	x	-	-
Hor. C2	T	xx	xxx	-	-	x	-	-
	A. gruesa	A. fina	L. grueso	L. fino	Arcilla	TEXTURA		
Hor. Ah	43,27	21,33	9,51	15,14	10,75	FA		
Hor. BA	38,96	22,42	10,30	19,83	8,49	FA		
Hor. BC	31,36	27,05	11,56	23,53	6,50	FA		
Hor. C1	36,55	31,51	8,74	19,41	3,79	FA		
Hor. C2	32,19	37,82	4,19	21,43	4,37	FA		

Leyenda: Q = Cuarzo, FK = Feldespatos potásicos, P = Plagioclasas, M = Micas, Cl=Clorita, CL-V = Interstratificados clorita- vermiculita, 1:1 = Filosilicatos 1:1 dioctaédricos, Gib = Gibbsita. T=Trazas, x=presente, xx=frecuente y xxx=abundante.

EVOLUCION GEOQUIMICA

La evolución geoquímica del perfil se estudia con ayuda de los índices de Parker (1970), del pH de abrasión (tablas 2 y 3) y de representaciones sobre los diagramas de Chesworth (1983) y Kronberg y Nesbitt (1981) (Fig. 2); todos los resultados confirman la heterogeneidad de la

roca original e indican un claro rejuvenecimiento del suelo a partir del horizonte BC.

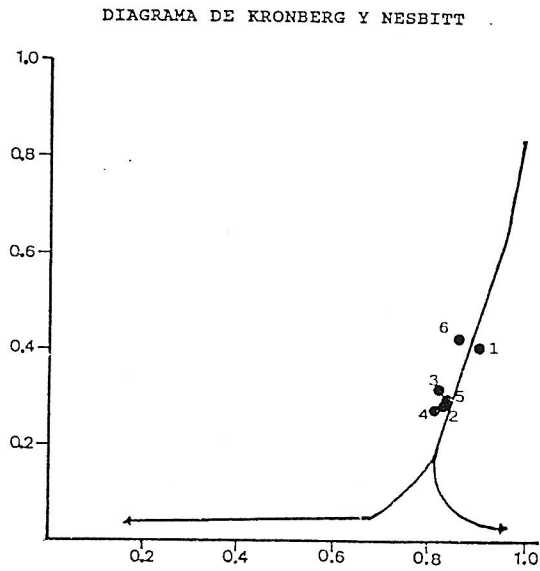
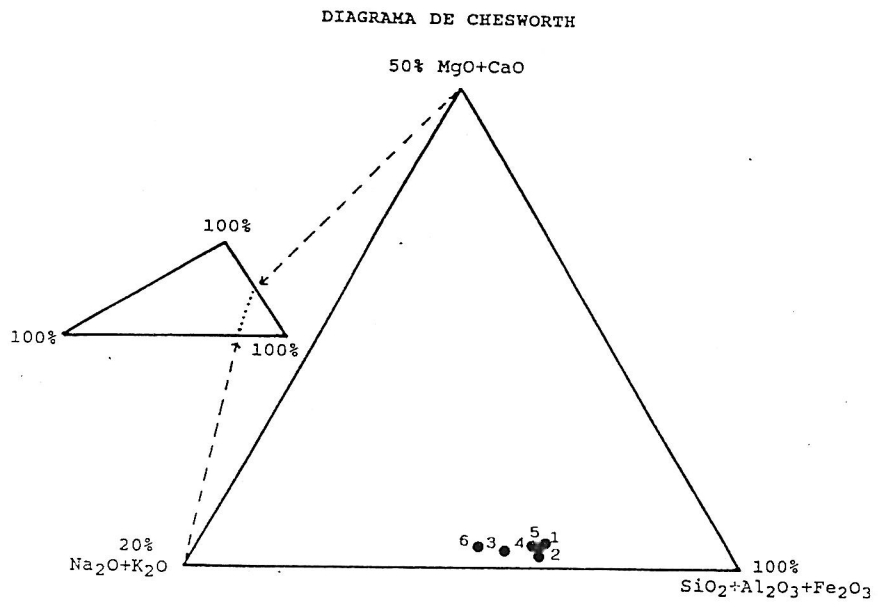
El orden de movilidad de los elementos durante la meteorización, determinado a partir de cálculos isovolumétricos (Millot y Bonifas, 1955) entre la roca fresca y el horizonte C1, es: Ca > Na > Si, Mg > K > Al > Fe > Mn. El Ca y el Na son los elementos más lábiles; la menor

TABLA 2.- Análisis químico total (Datos expresados en porcentaje de óxidos), densidades (g/cm³) e índice de Parker (Ia).

	R.F.	Hor. C2	Hor. C1	Hor BC	Hor BA	Hor. Ah
	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	70,48	56,53	54,78	53,37	55,36	47,53
Al ₂ O ₃	14,81	22,18	22,66	23,18	20,72	14,48
Fe ₂ O ₃	2,48	3,50	4,42	3,74	3,41	1,89
MnO	0,02	0,02	0,05	0,04	0,03	0,02
MgO	1,29	1,01	1,06	1,03	1,00	0,63
CaO	0,43	0,01	0,02	0,06	0,14	0,42
Na ₂ O	3,21	3,12	2,09	3,54	2,92	3,26
K ₂ O	3,95	3,57	5,13	2,88	3,36	3,95
TiO ₂	0,52	0,43	0,07	0,25	0,43	1,13
P ₂ O ₅	0,25	0,20	0,15	0,20	0,30	0,65
H ₂ O ⁻	0,36	3,24	3,27	3,61	3,44	6,63
H ₂ O ⁺	2,20	6,19	6,30	8,10	8,89	19,41
Ia	67,77	61,88	65,76	60,08	58,56	66,39
Densidad real	2,58					
aparente		1,61	1,59	1,17	1,04	1,09

TABLA 3.- pH de abrasión y concentración de cationes de la disolución de abrasión.

	pH	Cationes de la disol. de abrasión (ppm)			
		Ca	Mg	Na	K
Hor. Ah	6,1	0,01	0,44	20,4	13,6
Hor. BA	5,3	0,01	0,12	12,4	4,4
Hor. BC	4,9	0,01	0,02	13,2	3,6
Hor. C1	5,4	0,01	2,34	11,2	22,4
Hor. C2	5,6	0,01	2,34	11,0	12,9
R.F.	6,4	0,20	2,84	23,2	16,8



Eje X: $\text{SiO}_2 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} / \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$

Eje Y: $\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} / \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$

Figura 2.- Diagramas de Chesworth y Kronberg y Nesbitt.

movilidad del K se justifica porque la microclina es un mineral mucho más resistente a la alteración que las plagioclasas. La lixiviación del Si es lógica ya que aparece gibbsita como uno de los productos de la alteración de las plagioclasas y la posición que ocupa el Mg se explica porque parte del mismo permanece en la estructura de las vermiculitas.

BIBLIOGRAFIA

- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T.; BABEL, U. et al. (1984). *Handbook for soil thin section description*. 150pp. Waine Research Publications. London.
- CARBALLEIRA, A.; DEVESA, C.; RETUERTO, R.; SANTILLÁN, E. Y UCIEDA, F. (1983). *Bioclimatología de Galicia*. Fundación Barrié de la Maza. La Coruña.
- CHESWORTH, W. (1973). The residual system of chemical weathering a model for the chemical breakdown of silicate rocks at the surface of the Earth. *J. Soil Sci.*, 245:69-81.
- CHURCHMAN, G.J. Y THENG, B.J.G. (1984). Interactions of halloysites with amides. Mineralogical factors affecting complexes formation. *Clay Miner.*, 19:161-175.
- GRANT, W.H. (1969). Abrasion pH, an index of chemical weathering. *Clay and Clay Minerals*, 17:151-155.
- GUITIÁN OJEA, F. Y CARBALLAS, T. (1976). *Técnicas de análisis de suelos*. Ed. Pico Sacro. Santiago.
- GUITIÁN RIVERA, F. (1982). Tesis Doctoral. Facultad de C.C. Químicas. Universidad de Santiago.
- KRONBERG, B.I. Y NESBITT, H.W. (1981). Quantification of weathering, soil geochemistry and soil fertility. *J. Soil Sci*, 32(3):453-459.
- MACÍAS, F. (1981). Formation of gibbsite in soils and saprolites of temperate-humid zones. *Clay Minerals*, 16:43-42.
- MILLOT, G. Y BONIFAS, M. (1955). Transformations isovolumétriques dans les phénomènes de lateritisation et bauxitisation. *Bull. Ser. Corte Geol. Alsacia-Lorraine*. Strasbourg, 8:3-10.
- PARKER, A. (1970). An index of weathering for silicate rock. *Geol. Mag*, 501-504.
- ROMERO, R.; TABOADA, T. Y GARCÍA, 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.
- STOOPS, G.; ALTEMULLER, H.J.; BISDOM, E.B.A.; DELVIGNE, J.; DOBROVOLSKY, V.V.; FITZ-PATRICK, E.A.; PANEQUE, G. Y SLEEMAN, J. (1979). Guidelines for the description of mineral alterations in soil micromorphology. *Pedologie*, 29 (1):121-135. Ghent.
- WILSON, M.J. (1969). A gibbsitic soil derived from the weathering of ultramafic rock on the island of Rhum, Scotland. *J. Geol.*, 5:81-89.