

MINERALOGIA DE LAS ARCILLAS EN SUELOS Y ALTERACIONES SOBRE  
MATERIALES GRANITICOS DE GALICIA.

F. Macías Vázquez; C. García Paz; E. García-Rodeja Gayoso\*

\* Dirección actual - Edafología y Geología Facultad de Biología - Santiago .

Resumen.

Se realiza un estudio de la naturaleza de la fracción arcilla en suelos y capas de alteración de rocas graníticas de Galicia (58 perfiles) encontrando un predominio de minerales propios de "sistemas abiertos" como filosilicatos 1:1 y gibbsita acompañados de minerales de tipo mica más o menos degradados. Las esmectitas son muy poco abundantes y en general no parecen formarse en procesos edáficos.

Dentro del perfil se diferencian dos zonas, una de escasa actividad de la materia orgánica en la que las plagioclasas son los minerales más lábiles, originándose gibbsita por mecanismos de hidrólisis o acidólisis moderada. Otra en las capas superficiales con un mayor ataque a los minerales de tipo mica por mecanismos acidolíticos o de ácido-complexólisis moderada.

Summary.

The nature of the clay fraction of saprolites and soils developed on granitic rocks of Galicia (58 profiles) is studied. It is found a predominance of minerals typical of "open systems" like phyllosilicates 1:1 and gibbsite, accompanied by mica type minerals with different levels of degradation. The smectites are rare and its origin, seems to have no relation with the processes of soil formation.

In the profile two zones can be differentiated, at one of them, with very low activity of organic matter, the plagioclases are the most labile minerals, and the dominant process is the formation of gibbsite by means of mechanisms of hydrolysis or moderate acidolysis. The upper zone, with high activity of organic matter, is characterized by a stronger attack to the mica type minerals by acidolytic or moderate acido-complexolytic mechanisms.

## INTRODUCCION

La caracterización del contenido y naturaleza de la fracción arcilla ( $< 2 \mu$ ) existente en los suelos y capas de alteración suministra una información importante para la comprensión de sus propiedades y el conocimiento de las condiciones ambientales en que se han producido los procesos de alteración y edafogénesis. Tras una etapa en la que los esquemas de distribución a nivel mundial de los tipos de arcilla eran eminentemente zonales (34), se ha pasado a asignarle una mayor importancia a las condiciones de drenaje (33,40), siendo "el tiempo de residencia en el perfil" el factor fundamental para que se alcancen o no los equilibrios entre los componentes sólidos y la solución, originándose un tipo u otro de arcilla en función de la naturaleza "abierta" o "cerrada" del sistema de alteración. La composición químico-mineralógica de la roca determina, incluso en las fases finales de la alteración, tanto la cantidad de arcilla que puede formarse (3) como la tendencia a dar tipos específicos de evolución geoquímica (bisialítica, allítica, ferralítica, podsolizante, etc.) que van a definir las relaciones estequiométricas entre los componentes del "sistema residual" ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) (8,41). La influencia de la zonalidad climática queda enmarcada y reducida al papel de catalizador positivo o negativo de los procesos de alteración. Así la terminología propuesta por Pedro et al. (35) diferencia entre el concepto de "grado de alteración" que indica la intensidad de evolución alcanzada y es dependiente del clima y el de "tipo de alteración" que define la naturaleza de los productos neoformados y es dependiente de las condiciones de drenaje y de la naturaleza del proceso geoquímico dominante (20,36).

Esto ha llevado a orientar los trabajos sobre la evolución mineralógica en condiciones superficiales a dos grandes líneas : Una termoquímica, en la que se trata de determinar el orden de estabilidad o de metaestabilidad (19,23,27,...) de los distintos tipos de arcilla, con estudios basados en el conocimiento de la energía libre y la cinética de las sucesivas reacciones y otra empírica (de inventario), en la que se trata de establecer las asociaciones mineralógicas que caracterizan los distintos estadios de evolución de los principales tipos de rocas bajo diferentes sistemas de agresión. El papel de los microsistemas y la influencia que ejercen en la formación y estabilidad de los distintos minerales se aborda tanto a partir de esquemas más o menos teóricos como de los datos empíricos (25,37 ).

En Galicia ya se han realizado una serie de trabajos (2,5, 6,7,11,17 ...) que cubren algunos aspectos de estos enfoques. Con este trabajo se pretende presentar una síntesis de los resultados hasta ahora obtenidos en la caracterización de los materiales cristalinos existentes en la fracción arcilla de suelos y saprolitas formados a partir de rocas graníticas.

#### MATERIAL Y METODOS

Se ha estudiado la fracción arcilla correspondiente a 58 perfiles edáficos y saprolitas, cuya localización y características se indican en la fig. 1 y tabla nº 1 .

Los métodos seguidos en la separación e identificación de las arcillas han sido los descritos por Guitián y Carballas (22), realizando diagramas de difracción de rayos X en muestras saturadas en Mg, solvatadas con etilenglicol y calentadas a 550°C. En los casos necesarios se saturaron en K,

efectuando una eliminación previa del aluminio interfoliar (con citrato) cuando no se producía el colapsamiento de los minerales de tipo vermiculita al calentar a 350°C.

Determinaciones de análisis térmico diferencial (ATD), espectroscopía de I.R., pérdida de peso por calentamiento y análisis químico también han sido realizados como técnicas complementarias. Por otra parte, se ha realizado una revisión de la bibliografía existente de las arcillas formadas en Galicia sobre los materiales graníticos (12,13 ...).

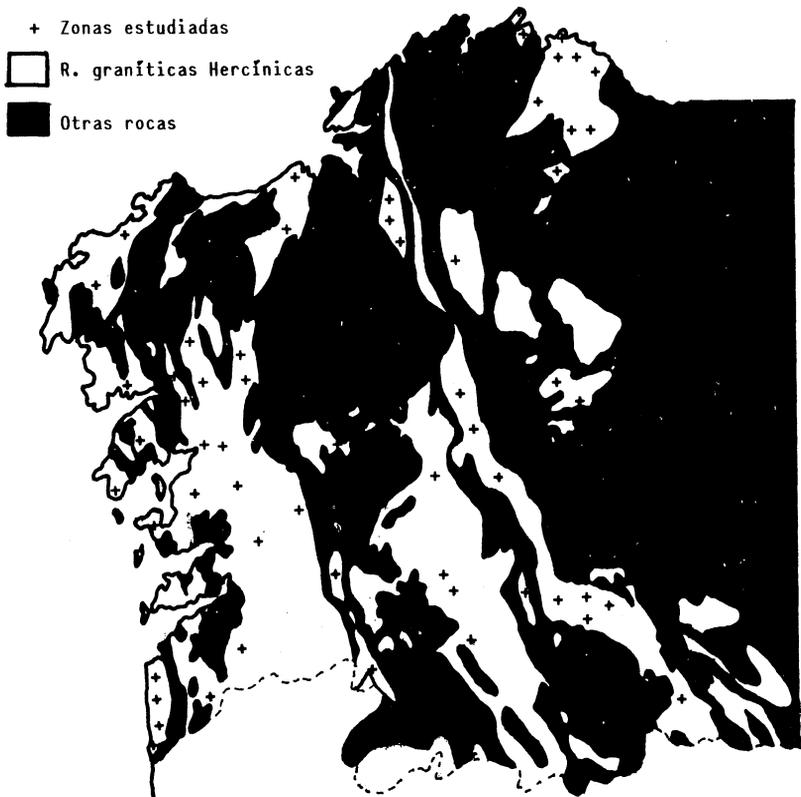


Fig. 1.- Localización de las zonas estudiadas.

Tabla Nº 1.- Localización y mineralogía de las arcillas en los perfiles estudiados .

Localidad (nº muestras)	Clasificación suelo FAO 1973	%Arcilla		pH H <sub>2</sub> O		Mineralogía - arcilla		
						Abundantes		Otras
		1	2	1	2	1	2	
Outes (La Coruña)(1)	Litosol	19		4,6		M,V		K,G,F,Q
Piornedo (Lugo) (1)	Litosol	11		4,4		V,M,K		F,Q,G
Mougas (Pontevedra)(1)	Litosol	8		4,0		M,V,K		F,Q
Portomouro(La Coruña)(2)	Ranker	12-13		4,6-5,1		V,K	K,G,V	M
Mte. Pedroso(La Coruña)(2)	Ranker	7-8		4,0-4,4		V,M,Cl		K
S.do Barbanza(La Coruña)(3)	Ranker	22-33		4,7-5,2		V,M,K	K,V,M	G
Alto do Martelo(La Coruña)(2)	Ranker	17-19		4,3-4,4		V,M,K		G,F
Cerceda(La Coruña)(2)	Ranker	15-16		4,8-5,2		K,M,Cl		V,G
Cadramon(Lugo)(2)	Ranker	4		4,5-4,6		V,M,K,G		
Piornedo(Lugo)(3)	Ranker	10	4-6	4,9	5,0-5,2	V,M,K	K,V,M	F,Q,G
Esgos (Orense) (2)	Ranker	18-21		4,4-5,3		M,K		V,G,F
Manzaneda (Orense)(2)	Ranker	11-14		4,0-4,1		M,V,K		F
O Rodicio (Orense)(3)	Ranker	13-17		4,4-5,2		K,M,G		V
Mougas (Pontevedra)(1)	Ranker	9		4,6		M,K,V		F,Q
Celanova(Ourense)(3)	Cambisol dístrico	16	11-18	5,5	5,5	M,K,V	M,K,G	F
As Chavolas(Orense)(2)	Cambisol dístrico	21	18	4,7	5,1	K,M,V	K,M	F
Teixeiro (La Coruña)(2)	Cambisol dístrico	6	9	4,8	4,7	V,K	K,G,V	M,F,Q
Burés (La Coruña)(2)	Cambisol húmico	9-10		5,3		K,G	M,K	M,V,F,Q
Noya (La Coruña)(4)	Cambisol húmico	10-11	10	4,7-5,0	5,3	V,M	M,K	
Punta Langosteira(La Coruña)(2)	Cambisol húmico	13-16		5,2		V,K,M	K,M,V	G
Curtis (La Coruña)(3)	Cambisol húmico	16	9	4,2-4,7	5,1	V,k	G,K,M	F
Mte.Pedroso(La Coruña)(7)	Cambisol húmico	5-11	8-9	5,1-5,4	5,4-5,6	V,M,Cl	G,M	K,F,Q
Estaca de Vares(La Coruña)(4)	Cambisol húmico	2-4	2-3	5,2-5,3	5,2	M,K,V	K,M	F,Q,Cl
O Romáño (La Coruña)(4)	Cambisol húmico	13-16	2-5	4,4-4,5	4,7-4,8	V,K	K,G	M
Ares (La Coruña)(4)	Cambisol húmico	n.d.	n.d.	4,8-5,1	4,9	V,M,K	M,K,G	Q,F
Outes (La Coruña)(3)	Cambisol húmico	18-19	25	4,9-5,0	5,0	V,K,M	K,G	
Outes (La Coruña)(4)	Cambisol húmico	6-15	13	5,6-5,9	5,9	M,V,K	K,G,H	

Tabla Nº 1.- Continuación .

Localidad (nº muestras)	Clasificación suelo FAO.1973	% Arcilla		pH H <sub>2</sub> O		Mineralogía-arcilla Abundantes		Otras
		1	2	1	2	1	2	
		Barbanza(La Coruña)(4)	Cambisol húmico	19-24		4,9-5,1		
Barbanza(La Coruña)(3)	Cambisol húmico	20-23	16	4,9-5,1	5,2	M,K,V	K,M,G F,G	
Boiro(La Coruña)(3)	Cambisol húmico	15-21	17	5,0-5,2	5,2	V,M	M,K,G G	
Corredoiras (La Coruña)(3)	Cambisol húmico	4-8	15	4,3-4,9	4,8	K,V,M	K,G F	
Barbanza (La Coruña)(2)	Cambisol húmico	18-31		4,4-5,0		V,K,G,M	Q	
Padrón (La Coruña)(3)	Cambisol húmico	16-23		4,6-5,2		M,K,V	G,K	
Outes (La Coruña)(3)	Cambisol húmico	18-20	21	5,1-5,3	5,3	V,K,M	G,M,V Q,F	
Outes (La Coruña)(3)	Cambisol húmico	15-17	17	5,1-5,3	5,1	K,Cl,V	G,K M,F	
Ames (La Coruña)(6)	Cambisol húmico	12-14	16-23	4,9-5,0	4,7-4,9	K,V	G,K,F Q,M	
Chantada (Lugo)(4)	Cambisol húmico	12-14	10	4,3-5,8	5,6	M,V,K	G,K,M	
Toen (Orense)(4)	Cambisol húmico	13-16	10-11	5,2	5,1-5,4	V,M,K	M,K G	
Bande (Orense) (3)	Cambisol húmico	15-16	17	5,2	5,7	K,M,V	K,M G,F	
Manzaneda (Orense)(2)	Cambisol húmico	10-15		4,1		M,V,K	Cl,F	
Manzaneda(Orense)(5)	Cambisol húmico	6-8	2-6	4,2-4,4	4,4	M,V,Cl	M,V,Cl Q	
A gudiña (Orense)(3)	Cambisol húmico	10-11	16	4,2-4,6	5,1	M,K	M,K,G V,F	
Mougas (Pontevedra)(6)	Cambisol húmico	5-11	13-10	3,8-4,7	4,4-4,6	V,M,K	G,K Q,F,G	
O grove (Pontevedra)(4)	Cambisol húmico	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	M,K	G,K Q,F,M	
Allariz (Orense) (3)	Cambisol pleyco	18-29	37	4,7-5,2	5,6	M,K	S,K,M V,f	
Alto do Martelo (La Coruña)(4)	Gleysol húmico	18-35	10-15	4,0-4,2	4,5-4,8	V,M,K	K,V	
Barbanza (La Coruña)(3)	Fluvisol distrito	2-7		4,4-4,8		V,K,M	G,Q,F	
Barbanza (La Coruña)(4)	Fluvisol distrito	12-36		5,0-5,1		M,K,V	G,F	
Piornedo (Lugo)(2)	Fluvisol distrito	15-18		4,7		M,K,Q,V	F	
Manzaneda (Orense)(4)	Fluvisol distrito	4-27		4,0-4,7		M,K,V	F	
Manzaneda (Orense)(5)	Fluvisol distrito	3-6		4,0-4,7		M,V,K	F	
Mougas (Pontevedra)(2)	Fluvisol distrito	4-5		4,6-4,9		M,V,K	F,Q	
Aguasantas(La Coruña)(4)	Polisol plácico	8-10	9	4,5-4,8	5,0-5,5	V,M,K	V,M,K G	
Xove (Lugo)(5)	Suelo podsólico			4,5-4,8	4,5-4,8	K,V	K,G M,Q,F	
Cadramon (Lugo)(2)	Suelo podsólico	25	20	3,8	4,4	K,V,M	K,V,M G,Q	
Piornedo(Lugo)(3)	Suelo podsólico	5-8		4,4-5,2		M,K,V	F,G	
Xistral (Lugo)(5)	Podsol léptico	n.d.	n.d.	4,5-4,8	4,4-4,7	M,K,V	G,K,M Q	
Xistral (Lugo)(5)	Podsol plácico	n.d.	n.d.	3,6-4,7	5-5,1	M,K,Cl	G,K,M S,Q,Cl	

(1) Horizontes ricos en materia orgánica

(2) Horizontes pobres en materia orgánica

K : Filosilicatos 1:1

M : Micas

V : Vermiculitas hidroxí-Al

e interlaminares illita-V

Cl : Clorita

S : Smectita

F : Feldespatos

G : Gibbstita

Q : Cuarzo

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1.- Características generales.

La alteración de las rocas graníticas de Galicia se caracteriza por la gran heterogeneidad de formas, intensidad de la meteorización y diversidad de los productos de neoformación (2,6,43 ...). El espesor de los perfiles de alteración varía, a veces en unos metros de distancia en el terreno, de una película superficial de pocos milímetros (provocada por agentes biogénicos -líquenes sobre todo-), a mantos de arenas no consolidadas (Xabre) de varios metros de potencia en los que apenas existen diferencias químico-mineralógicas entre las partes superior e inferior del perfil

En estos últimos, los límites entre capas son inexistentes o graduales y el paso a la roca consolidada no se produce de modo brusco. Englobados en la masa arenizada se conservan filones de cuarzo, excelentes indicadores del carácter autóctono de los horizontes de meteorización y enclaves, más o menos redondeados, de material coherente con menor grado de alteración; asimismo es frecuente apreciar fisuras rellenas de materiales de grano fino.

Los suelos son, en su mayor parte, jóvenes, con muy escasa evolución, si bien pueden presentar fenómenos de policiclisto relacionados con la dinámica de las vertientes. La presencia de un horizonte B Cámbico resulta difícil de identificar incluso en los suelos con mayor desarrollo.

El contenido de fracciones finas (limo más arcilla) existente en suelos y alteraciones varía de 0 a 40 % de la fracción (> 2 mm), siendo los valores más frecuentes para el porcenta-

je de arcilla entre 10 y 20 %. Estas características texturales, asociadas a una topografía de pendientes medias a fuertes, condiciona unos sistemas de alteración abiertos, fuertemente sustractivos y con escaso tiempo de residencia de las aguas en el perfil, quedando los ambientes hidromorficos reducidos a pequeños enclaves por los que discurren las aguas de escorrentía y no existiendo prácticamente sistemas confinados. La cantidad de agua, tanto circulante como retenida en el perfil, presenta fuertes variaciones estacionales. Las condiciones químicas son las propias de los medios oxidantes y ácidos (pH 4 - 6 ), siendo más desaturados los horizontes ricos en materia orgánica y ocupando la mayor parte de las posiciones de cambio las distintas formas catiónicas de aluminio.

## 2.- Composición mineralógica de la fracción arcilla.

En función de la proporción y frecuencia con que aparecen pueden establecerse dos grandes grupos de minerales en la fracción arcilla que hemos denominado "dominantes" y "accesorios". En los primeros se incluyen minerales que se presentan en la mayoría de los perfiles en proporciones variables pero que pueden llegar en algunas ocasiones a representar más del 50 % de la fracción arcilla de algunos horizontes . En este caso se encuentran los minerales 2:1 del tipo de las micas más o menos degradadas, los filosilicatos 1:1 y la gibbsita. En el segundo grupo se reúne a los minerales que o bien se encuentran en porcentajes muy bajos ( < 10% ) o solo aparecen de modo mayoritario (>50%) en muy raras ocasiones .

## Minerales accesorios.

En este grupo son cloritas, esmectitas, goethita, feldespato y cuarzo los más significativos. En su mayor parte se trata de minerales heredados de la roca, si bien la goethita y, en ocasiones, las cloritas y esmectitas pueden formarse durante los procesos de alteración y edafogénesis. El caso de las esmectitas es particularmente interesante. Como componente abundante en la fracción arcilla sólo se ha identificado en los horizontes profundos de un perfil en condiciones hidromórficas y en pequeñas proporciones ha sido citado en yacimientos caoliníticos en los que se considera un producto de meteorización originado por el ambiente de escasa circulación de agua existente en las capas subsuperficiales (14).

Una esmectita alumínica (beidellita), similar a la descrita por Dejou (9) y con probable origen hidrotermal, ha sido identificada como el componente mayoritario de los materiales arcillosos existentes en unas venillas con superficie lustrosa y huellas de fricción ("espejo de falla") en una saprolita de los montes Lapidó (7) y esmectitas ricas en Litio aparecen como productos de alteración de las pegmatitas líticas de Lalín (24).

En cualquier caso, debe señalarse que la presencia de los minerales de tipo esmectita en Galicia es poco frecuente (fig.2), lo que debe atribuirse a la naturaleza abierta de los sistemas y a la mayor importancia de la precipitación sobre la evapotranspiración. En el caso de los materiales graníticos la pobreza en bases, especialmente en Mg, constituye otro factor importante para explicar la escasez de estos minerales tan frecuentes en la España calcárea y mediterránea.

## Minerales dominantes.

### a) Minerales 2:1 .

Los minerales 2:1 de tipo mica más o menos degradados son más frecuentes y abundantes en las arcillas de los horizontes superiores que en las saprolitas y horizontes C, donde en muchos casos apenas se identifican (fig.2). Este hecho parece que debe atribuirse a la distinta velocidad de la alteración de los minerales primarios, de los que las plagioclasas son las que más rápidamente se meteorizan dando arcillas ( gibbsita y/o caolinita ) cuando las micas todavía se encuentran escasamente transformadas y formando parte de las fracciones limo y arena fina. A medida que progresan los efectos químicos y los mecánicos se incrementa el contenido de estos minerales en la fracción arcilla en la que, de todas maneras, son minerales heredados del material original. Su estabilidad termodinámica, de acuerdo con las condiciones medias existentes en la solución del suelo y aguas de escorrentía ( 11, 17, 18,...), es baja por lo que están sujetos a una serie de transformaciones degradativas y, en último término, a su destrucción afectando estos procesos más rápida e intensamente a las biotitas.

El proceso de degradación de las micas da origen a una apertura de la red, más intensa en los horizontes superficiales, con incremento del espaciado hasta 12-14 Å , en las muestras saturadas en Mg.

La saturación en K no origina, en la mayor parte de los casos, un colapsamiento a 10 Å, siendo necesario calentar y/o realizar un tratamiento previo con oxalato o citrato para eliminar el aluminio interfoliar . Se trata por tanto

Los feldespatos, especialmente los calco-sódicos, son los materiales que más fácilmente evolucionan hacia este mineral (10, 31 ).

### 3.- Interpretación de los resultados.

Las asociaciones mineralógicas antes descritas y su distribución geográfica ( fig. 2, 3, 4 y 5 ) pueden justificarse a partir de la consideración de la interacción entre los factores climáticos (precipitación, temperatura, drenaje,...) y las características de composición y organización de los perfiles de alteración.

Al nivel del perfil se comprueba que la naturaleza de la arcilla y por tanto de su proceso de formación (neoformación o transformación ) es diferente según la zona que se considere, pudiendo establecerse dos modelos bien definidos ( fig.6) . Uno , en el contacto con la roca inalterada que constituye el denominado "frente de alteración " y otro en los horizontes superficiales en los que la abundancia y naturaleza de la materia orgánica juega un papel decisivo. En el frente de alteración y con una organización muy poco modificada respecto a la de la roca inicial (6, 25, 37 ) se inicia el ataque de los minerales más lábiles (plagioclasas y en menor medida feldespato potásico y biotita) formando un plasma constituido fundamentalmente por gibbsita y/o filosilicatos 1:1. Bisdom (2) también identifica materiales alofánicos . El mecanismo de alteración es fundamentalmente una hidrólisis debilmente ácida como se deduce del pH de la solución del suelo extraída de estas zonas y del de las aguas de fuentes y arroyos que oscila entre 5,8 y 7,1 (17,18).

El bajo nivel de aluminio en solución, por debajo de los límites de detección de los métodos colorimétricos utiliza-

dos (formación de laca con aluminón) es una prueba más de la escasez, en estos niveles del perfil, de productos orgánicos complejantes que deben inmovilizarse en los horizontes superficiales, disminuyendo en consecuencia el ataque a los minerales 2:1 que apenas se degradan. Las condiciones de drenaje en la masa alterada son los factores decisivos para regular las proporciones relativas entre gibbsita y filosilicatos 1:1, dependiendo de factores tan diversos como topografía, clima, tectónica, frecuencia de filones y zonas con circulación de agua preferente, profundidad de la alteración, etc.

En los horizontes superficiales el sistema de alteración resulta diferente por la influencia del factor biótico. El pH es más ácido (soluciones extraídas por desplazamiento dan valores entre 4,0 y 6,4) y hay una mayor actividad de los complejantes orgánicos así como una porosidad más acusada. En estas condiciones el mecanismo de alteración es una acidolisis a una acido-complexolisis moderada que resulta más agresiva para los minerales 2:1 y provoca su degradación. No obstante, la abundancia de aluminio suministrado por el material de partida hace precipitar rápidamente los complejos favoreciendo la existencia de islotes aluminicos en la intercapa de las micas degradadas (vermiculitas hidroxialumínicas). No se trata por tanto de un ambiente podsolizante en el que el Aluminio sería eluviado en profundidad y dejaría libre la intercapa de los minerales 2:1 (smectitas de transformación) sino de un incremento de complejos y formas aluminicas de bajo grado de orden en los horizontes superficiales con pequeña redistribución vertical. Esto comunica a los horizontes superficiales una serie de propiedades físico-químicas que, en cierto modo, recuerdan a las de los horizontes subsuperficiales de acumu-

lación de los complejos organometálicos (spódicos) y a las denominadas propiedades ándicas.

Un aspecto importante , pero todavía no bien aclarado , es el de la estabilidad y posibilidad de formación en estos medios de gibbsita y/o filosilicatos 1:1. La primera , al menos cuando se presenta con una gran superficie específica, debe ser atacada por los compejantes orgánicos y quizás esto explicaría su menor abundancia relativa en las arcillas de los horizontes ricos en materia orgánica, si bien debe señalarse que Dejou et al. (10) han comprobado que la cantidad total de gibbsita (incluyendo todas las fracciones) es aproximadamente constante en perfiles sobre granito del Macizo Central Francés. En cuanto a los filosilicatos 1:1 existe una cierta contradicción entre los resultados obtenidos por La Iglesia (26) que utilizan productos orgánicos para favorecer tanto la síntesis como la cristalinidad de la caolinita y los datos de Guitián y Coladas (21) que indican un efecto inhibitor . De todas formas, debe señalarse que en los análisis realizados tanto el contenido relativo de filosilicatos 1:1 como el grado de orden son bajos, lo que parece indicar una cierta labilidad en estos sistemas de la caolinita y afines y apuntaría como más probable hacia el efecto inhibitor.

En el resto del perfil, (frente de edafogénesis) la formación de arcilla es de un tipo u otro dependiendo de la mayor o menor influencia del factor biótico (Fig. 6).

A escala geográfica la influencia del clima se deja sentir tanto por los efectos directos, inducidos por la precipitación y temperatura, como por los indirectos que actúan sobre la abundancia y calidad de la materia orgánica. En Galicia

si bien las diferencias de precipitación son importantes (700 mm. a más de 2.000) en todas las zonas, hay suficiente precipitación para que predominen los sistemas lavados o sustractivos . Esto justifica el que la gibbsita aparezca prácticamente en todas las zonas y que las smectitas de neoformación sean tan raras. Las bajas temperaturas influyen disminuyendo la intensidad de la alteración y degradación, observándose un incremento de los efectos mecánicos y por tanto, una mayor proporción de minerales heredados (micas), en los suelos de zonas frías y de montaña (Piornedo, Manzaneda ).

En cuanto al efecto indirecto, relacionado con la materia orgánica, se observa una menor alteración y degradación en la Galicia más seca disminuyendo tanto los porcentajes de gibbsita como de vermiculitas y afines .

Departamento de Edafología  
Facultad de Farmacia  
Universidad de Santiago

Horiz. ricos en materia orgánica	}	dominante	●
Horiz. pobres en materia orgánica		presente	○
		Ausente	△

Fig. 2.- Distribución de micas  $\theta$  y esmectitas s

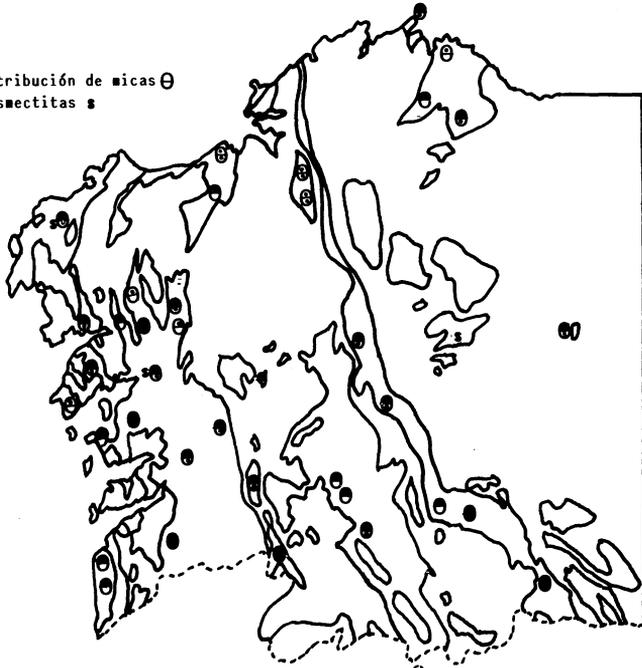


Fig. 3.- Distribución de micas degradadas

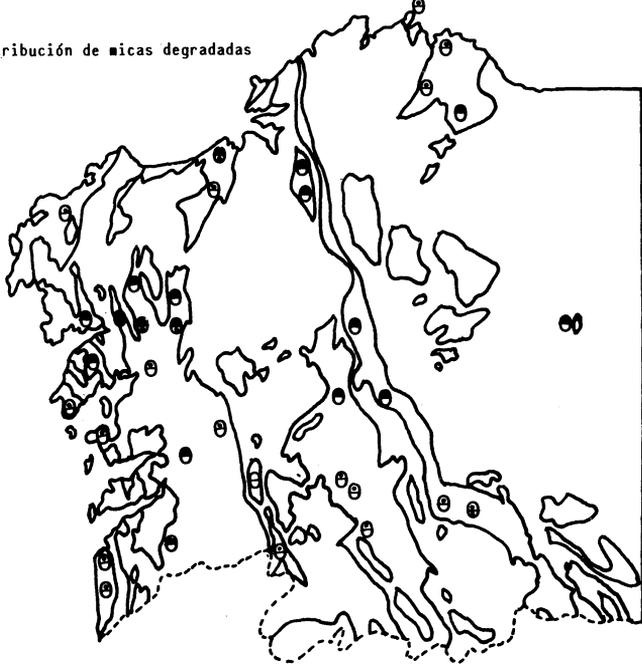
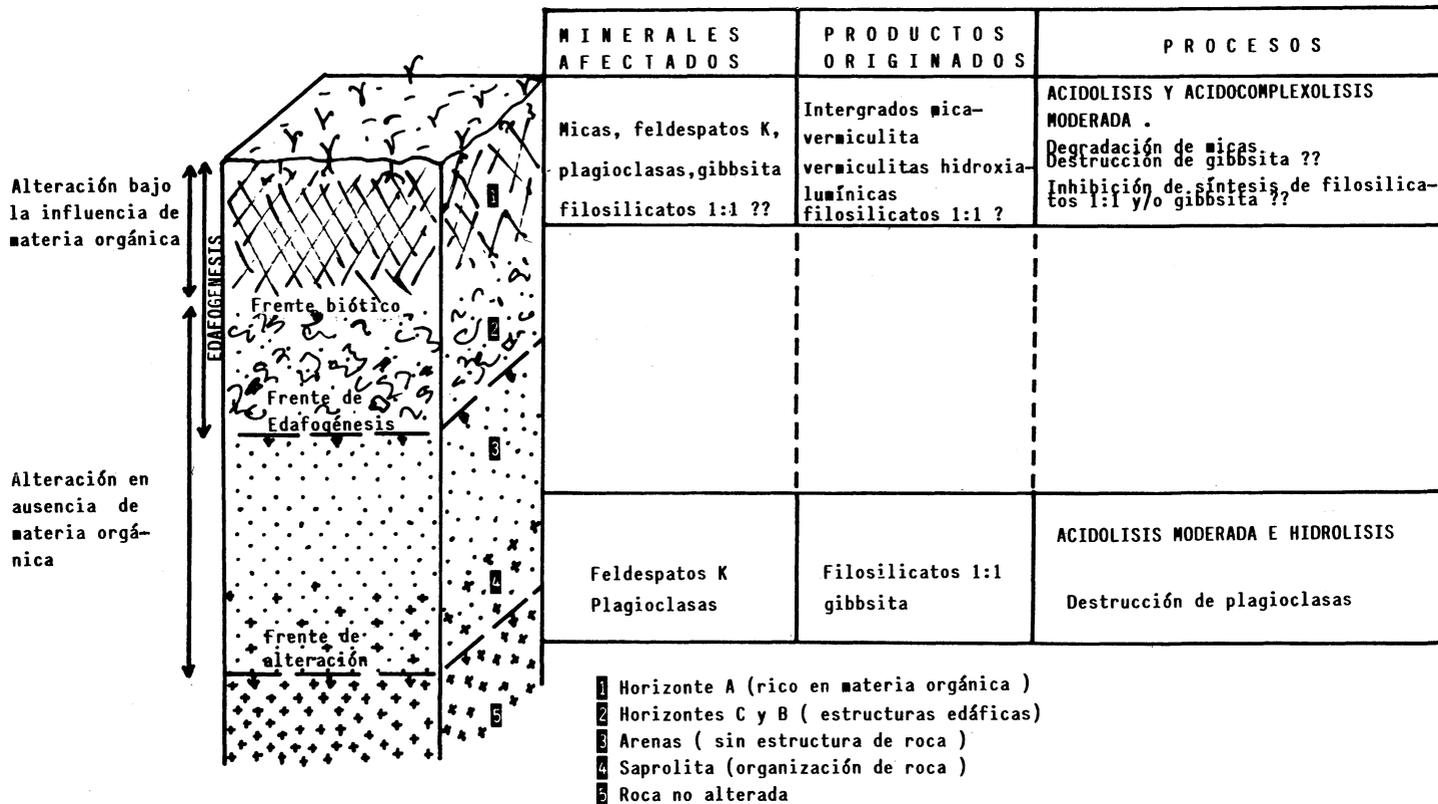




Figura Nº 6.



## BIBLIOGRAFIA

- 1.- BAUDRACO, J. (1977)- Sur l'étude expérimentale de l'alterabilité de matériaux rocheux. Application à une roche granitique. C.R. Acad. Sci. 284. Sér D, 721-724.
- 2.- BISDOM, E, B, A, (1967) - Micromorphology of a weathered granite near the Ria de Arosa (NW Spain) Leidse. Geol. Meded. 37 , 33-67.
- 3.- BREWER, R. (1964) - Fabric and Mineral analysis of Soils. John Wiley & Sons. New York 470 pp.
- 4.- BUSENBERG, E. (1975) - The kinetics of dissolution of potassium feldspars and plagioclases at 25°C and one atm.  $\text{PCO}_2$  Ph.D, Thesis, state University of New York at Buffalo.
- 5.- CALVO , R.M.; GUITIAN RIVERA; MACIAS , F (1981) - Alteración del material granítico del Monte Meda: datos preliminares . Cuadernos del Lab. Xeol. de Laxe. nº 2, 245-251.
- 6.- CALVO, R.M.; MACIAS , F (1981) - Transformaciones de la organización durante la alteración y edafogénesis de rocas graníticas de Galicia . An. Edafol. (en prensa).
- 7.- CALVO , R.M; GARCIA-RODEJA; MACIAS, F (1981) - Mineralogical variability in weathering microsystems of a granitic outcrop of Galicia (Spain ). in press.

8.- CHESWORTH,W (1979)- The major elements geochemistry and the mineralogical evolution of granitic rocks during weathering. In "Origin and distribution of the elements" (Ed. L.H. Ahrens).Pergamon Press Oxford. 305-313.

9.-DEJOU,J(1975) .- Presence d'une beidellite au sein des diaclases traversant l'arène granitique du Massif de Crevant (Indre). Bull. Group Franç. Argiles , 27 , 139-152.

10.- DEJOU,J; GUYOT,J ; ROBERT,M. (1977) - Evolution superficielle des roches cristalloyphylliciennes dans les régions tempérées. I.N.R.A. Paris , 463 pp.

11.- FERNANDEZ MARCOS,M; MACIAS,F ; GUITIAN OJEA,F (1979) A contribution to the study of the stability of clay minerals from the soil solution composition at different pF values. Clay Minerals 14,29-37.

12.- GALAN,E ; CARAMES, M. (1974) - Contribución al estudio de los depósitos caoliníferos de Pontevedra. El yacimiento de Santa Tecla. Estudios Geológicos 30, 315-326.

13.-GALAN,E; MARTIN VIVALDI,J.L. (1974) .- Caolines españolas: Geología mineralogía y génesis . Parte VI. Depósitos paleozoicos, neógenos y Cuaternario.Biol Soc. Esp. de Cerámica y Vidrio 13,6,523-546.

14.- GALAN,E; MARTIN VIVALDI,J.L. (1975) - Caolines españolas: Geología, mineralogía y génesis .Parte VII Depósitos hidrotermales. Bol. Soc.Esp. Ceram. y Vidrio 14, Nº2,123-144.

- 15.- GALAN,E; MARTIN VIVALDI,J.L. (1975).-Caolines españoles Geología, mineralogía y génesis. Parte VIII:Depósitos residuales y volcánicos. Tipología y conclusiones. Bol.Soc.Esp.Cer.y Vidrio 14,4,351-370.
- 16.- GALAN,E; MATTIAS,P.P.;GALVAN,J (1977) - Correlación entre cristalinidad, tamaño , génesis y edad de algunas caolinitas españolas.Proc. 8th. Kaolin Symposium and Meeting ou Alunite, Madrid-Rome, num K-8, 8pp .
- 17.- GARCIA PAZ,C; MACIAS,F; DIAZ-FIERROS,F (1977) - Relación entre la composición química de las aguas superficiales y la mineralogía de los suelos de Galicia. Acta Científica Compostelana XIV, 337-363.
- 18.- GARCIA-RODEJA,E.(1981).- Materiales no cristalinos en suelos de Galicia . Tesis Univ. Santiago (en preparación).
- 19.- GARRELS,R.M; CHRIST,Ch,L. (1965) - Solutions, minerals and equilibria. Harper & Row . New York.
- 20.- GAVAUD,M (1977) - Essai sur la classification génétique des sols.Cah. ORSTOM. Ser. Pedol. 15 (1): 63-87.
- 21.- GUITIAN OJEA,F; COLADAS ,V (1974) - Inhibición de la síntesis de caolinita por diversos extractos acuosos de restos vegetales .An. Edafol. Agrobiol. 33, 979-989.

- 22.- GUITIAN OJEA,F; CARBALLAS,T. (1975).- Técnicas de análisis de suelos . Ed. Pico Sacro. Santiago.
- 23.- HELGESON,H.C.; GARRELS,R.M.; MACKENZIE,F.T.(1969).- Evaluation of irreversible reactions in geochemical processes involving minerals and aqueous solutions II. Applications. Geochim. Cosmochim. Acta 33,445-481.
- 24.- HELSEN,B.J.(1967)- Mineralogy and petrography of some tin, lithium and beryllium bearing albite-pegmatites near Doade, Galicia, Spain.Leidse Geol. Meded. 39, 249-359.
- 25.- ILDEFONSE,Ph; PROUST,D; MEUNIER,A; VELDE,B (1979).- Rôle des phénomènes de desestabilisation-recristallisation sucesifs dans l'altération des roches cristallines au sein des microsystemes chimiques. Science du Sol ,nº2-3 , 239-257.
- 26.- LA IGLESIA,A. (1973).- Contribución a la síntesis de la caolinita . Tesis, Fac. Ciencias.Madrid .
- 27.- LIPPMAN,F. (1979).- Stability diagrams involving clay minerals .Eighth Conference on Clay Mineralogy and Petrology, Teplice, 153-171.
- 28.- MACKENZIE,R.C. (1970-72) - Differential Thermal Analysis . Vol 1,2.Academic Press. London.
- 29.- MACIAS ,F; GUITIAN RIVERA; GARCIA-RODEJA,E; VIDAL,J.R. (1980) .- Componentes no cristalinos y cristalinos (gibbsita y caolinita) en los productos de neofor-

mación de rocas graníticas de Galicia. Cuadernos del Laboratorio Xeoloxico de Laxe. 2, 51-67.

- 30.- MACIAS,F; GARCIA-RODEJA,E; GUITIAN RIVERA,F; PUGA PEREIRA,M. (1980) - Origen y distribución de la gibbsita en Galicia . An. Edaf. 39 , 1533-1563.
- 31.- MACIAS,F; GUITIAN OJEA, F (1980).- La presencia de gibbsita en suelos de climas templados: Una revisión de los conocimientos actuales. An.Edaf.39 , 301-341.
- 32.-MACIAS,F (1981) - Formation of gibbsite in soils and saprolites of temperate-humid zones. Clay Minerals 16 , 43-52.
- 33.- MILLOT,G. (1966) - Les deux grandes voies de l'évolution des silicates á la surface de l'ecorce terrestre. Doc. Rón. Univ. Strasbourg.
- 34.- PEDRO,G (1968) - Distribution des principaux types d'alterations chimiques á la surface du globe.Presentation d'une esquisse géographique.Rev. Geogr. Phys. et Geol. Dynam. X, 5, 457-470.
- 35.- PEDRO,G; DELMAS, A.B.; SEDDOH,F.K. (1975).- Sur la nécessité et l'importance d'une distinction fondamentale entre type et degré d'alteration.Application au problème de la définition de la ferrallitisation.C.R. Acad. Paris 280, sér D, 825-828.

- 36.- PEDRO,G. (1979)- Caracterisation générale des processus de l'alteration hydrolitique. Base de méthodes géochimiques et thermodynamiques.Science du sol 2-3, 93-105.
- 37.- PEDRO,G; DELMAS,A.B. (1980) - Regards actuels sur les phénomènes d'alteration hydrolytique .Leur nature, leur diversité et leur place au cours de l'evolution géochimique supperficielle.Cah.ORSTOM, sér Pedol, XVIII,217-234.
- 38.- RAZZAGHE,M.H. (1975)- Contribution à l'etude experimentale des phenomenes d'alteration en milieu organique acide. Thèse Univ. Paris.
- 39.- ROBERT,M. et al. (1979) - Rôle du facteur biochimique dans l'altération des minéraux silicatés .Science du Sol. n° 2-3, 153-174.
- 40.- TARDY ,Y (1969) - Geochimie des alterations: Etude des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique . Thèse Univ. Strasbourg. 274 pp.
- 41.- TAVERNIER,R; ESWARAN,H. (1977) - Soil property changes as a funtion of soil genesis in the humid tropics. Proc. Clamatrops. 92-100.
- 42.- VICENTE,M.A.; ROBERT,M. (1977) - Influence de la concentration en acide organique sur l'alteration des micas.Aspects quantitatif et qualitatif. C.R. Acad. Ser, Paris, 284, D, 511-514.

43.- VIDAL ROMANI, J.R. et al (1979) - Procesos actuales: micromodelado en el granito de Monte Louro. VI Reunión del Grupo de Trabajo del Cuaternario . Banyolas . 246-266 .