

INFLUENCIA DE LOS COMPONENTES NO CRISTALINOS EN ALGUNAS PROPIEDADES DE
LOS SUELOS FORMADOS SOBRE ROCAS GRANITICAS DE GALICIA .

E. García Rodeja y F. Macías Vazquez

Edafología y Geología .
Facultad de Biología -Santiago -

Resumen:

Se discute la presencia de componentes no cristalinos en suelos formados sobre granito en Galicia y se analiza su distribución y naturaleza en los diferentes horizontes y tipos de suelos. Una serie de propiedades como la superficie específica, capacidad de fijación de fósforo, saturación en Al del complejo de cambio, etc., se relacionan con la actividad de este tipo de componentes, responsables de que con cierta frecuencia los suelos sobre granito cumplan la definición de complejo de cambio dominado por material amorfo y deban incluirse en subgrupos ándicos de la Soil Taxonomy .

Summary:

The presence of non crystalline components in soils developed on granitic rocks in Galicia is discussed and its distribution and nature is analyzed in the different horizons and soil types. Some properties like specific surface, P-fixation Al-saturation of the exchange complex, etc. are related to the activity of these components. Its presence cause that sometimes the exchange complex of the soils is dominated by amorphous material and more frequently they must be classified as ándic subgroups of the Soil Taxonomy.

INTRODUCCION.

El presente trabajo se encuadra dentro de una serie de estudios cuya finalidad es la caracterización de las fracciones coloidales de los suelos y alteraciones originados a partir de rocas graníticas en Galicia. En este campo se han estudiado las transformaciones químicas mineralógicas y de organización que experimentan en sus etapas iniciales de meteorización (1,2,3,4,5), la presencia de algunos rasgos especiales

constituidos por materiales de bajo grado de orden y/o componentes cristalinos localizados en venas y fisuras de los perfiles de alteración (6,7) y la naturaleza y distribución de la fracción coloidal cristalina (8) . En este caso se aborda el estudio de los componentes no cristalinos que, además de presentar notables problemas en su caracterización, tienen gran importancia en la definición de muchas propiedades de los suelos.

MATERIAL Y METODOS.

Se han utilizado 19 suelos desarrollados a partir de granito de tres localidades diferentes. Los perfiles MM 1 a MM 10 se han recogido en los alrededores de Monte Meda (Padrón), en la provincia de La Coruña ; los números 1502 a 1506 en Piornedo (Serra de Ancares , Lugo) y los 1492 a 1495 en Mougás (Pontevedra). Empleando el sistema FAO (1975) los suelos se agrupan como sigue : 3 Litosoles, 3 Ranker, 9 Cambisoles húmicos, 1 Podsol léptico, 2 Fluvisoles y 1 Histosol.

Asimismo se resumen datos de pH en FNa y extracciones con reactivo combinado y sosa en ebullición en un total de 64 perfiles formados sobre diferentes rocas graníticas .

Además de las técnicas normales en la caracterización de los suelos como pueden ser C y N totales, medición de pH, estudio del complejo de cambio, determinación de densidades , etc., de los que por razones de espacio no se incluyen los resultados obtenidos (ver en 9), se han utilizado los siguientes métodos : medición del pH en FNa (10) y de la reactividad de la arcilla al FNa (11), de la superficie específica por adsorción de EGME (12) y de la fijación de P según el método descrito por Kawai (13) .

Como técnicas de disolución selectiva se han utilizado los siguientes extractantes : NaOH 0,5 N en ebullición (14) , oxalato amónico tamponado a pH 3 (15) y pirofosfato sódico (16).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

1.- Evidencias de la presencia de componentes no cristalinos.

Determinadas características de los suelos formados sobre granito de Galicia indican la presencia y en algunas ocasiones la abundancia

de componentes de bajo grado de orden de naturaleza predominantemente aluminica. Así, es frecuente que los diagramas de DRX , especialmente de los horizontes A, indiquen una escasa cristalinidad de la arcilla, al igual que sucede con las curvas de ATD que muchas veces poseen unicamente un endotermo a baja temperatura y, en ocasiones, un exotermo a temperaturas altas o dan efectos muy asimétricos y los espectros IR que presentan bandas de absorción anchas y escasas (9). Por otra parte la gibbsita es un mineral frecuente y a veces dominante tanto en los suelos como en las saprolitas (8,17), mostrando una importante actividad del Al cuyas fases de baja cristalinidad deben actuar como precursor de este mineral y/o de filosilicatos de tipo caolinítico. Otro síntoma claro de esta elevada actividad del Al es el pH de los suelos que, con valores próximos a 4,5, representa la acción del tampón Al de cambio-Al amorfo (18), y coincide con la abundancia de Al en el complejo de cambio de estos suelos. Estas condiciones de acidez son inadecuadas para la estabilidad de la mayor parte de los minerales 2:1 e incluso de los 1:1 (19)

También puede relacionarse con la presencia de componentes no cristalinos el que muchas veces la capacidad de retención de agua sea alta en relación a la cantidad de arcilla presente. Aunque este hecho se pueda atribuir al abundante contenido en materia orgánica que caracteriza a los suelos sobre rocas graníticas, tanto esta abundancia como el que normalmente los horizontes A presenten estructura migajosa indican una estabilización de la materia orgánica por el exceso de Al, quizás mediante un mecanismo similar al que sucede en los hor. A de suelos sobre cenizas volcánicas (20,21) y que ha sido señalado en algunos suelos sobre granito de Galicia (22) .

Finalmente el Al extraíble con reactivo combinado (23) alcanza proporciones bastante altas, mientras que el Fe, a pesar de que el método utiliza un reductor , suele ser escaso y casi siempre bastante inferior al aluminio. Estos datos se dirigen de nuevo en el sentido ya indicado de presencia y naturaleza esencialmente aluminica de componentes de baja cristalinidad y en general de las características dominantes en los suelos de Galicia que han permitido a Guitián (24) definirlos como "suelos aluminicos".

2.- Métodos de disolución selectiva.

En la tabla 1 se presentan los datos de Al y Si extraídos con sosa en ebullición (s) y de Al y Fe disueltos con oxalato (o) y pirofosfato (p). El primero de los métodos es capaz de disolver, además de componentes no cristalinos y formas de Al ligadas a la materia orgánica, algunos minerales cristalinos como la gibbsita y filosilicatos 1:1 poco ordenados o de muy pequeño tamaño de partícula. Frente a éste, el oxalato parece resultar bastante específico para formas no cristalinas y ligadas a la materia orgánica, además de disolver Fe y Al en intercapas de minerales 2:1, siendo considerado como uno de los métodos más adecuados para la estimación de componentes no cristalinos en las arcillas de los suelos (25,26). El pirofosfato se usa como extractante específico de Fe y Al ligados a la materia orgánica, aunque se ha señalado que puede actuar sobre los geles inorgánicos no envejecidos.

En todos los suelos y horizontes el Al extraído con sosa es el más elevado, aunque las diferencias entre éste y el solubilizado por otros métodos es muy variable. Normalmente la sosa disuelve las cantidades más bajas en los suelos menos evolucionados, en capas superficiales de horizontes A de algunos suelos con mayor grado de evolución y en horizontes A de suelos con carácter podsólico, pudiéndose generalizar que las diferencias entre éste y los demás extractantes son mínimas en los casos citados y aumentan en los restantes suelos con el grado de desarrollo y desde los horizontes A a los C, con la única excepción de horizontes subsuperficiales con predominio de formas poco ordenadas (espódicos) tal como el perfil 1504 donde "Al s" y "Al o" son muy próximos en el horizonte Bhs.

Oxalato y pirofosfato extraen cantidades bastante próximas de Al, aunque "Al o" suele ser mayor en horizontes B y C y "Al p" en horizontes A. Las cantidades más altas disueltas por ambos métodos corresponden a los horizontes A, en los que aumentan con el grado de evolución de los suelos, y a los horizontes B de podsoles y suelos podsólicos.

En relación al Fe, el pirofosfato y el oxalato extraen cantidades bastante próximas, generalmente escasas, que aumentan desde los horizontes A a los C y con el grado de evolución. La única excepción a este comportamiento la constituyen los horizontes B de podsoles. El reactivo

Tabla N° 1.- pH en FNa y contenido en Fe, Al y Si extraíbles obtenidos por diferentes métodos de disolución selectiva en suelos sobre rocas graníticas.

Tipo de suelo	Horz.	Na OH 0,5N hirviendo			Oxalato amónico		Pirofosfato sódico		pH FNa 2min.
		Al ₂ O ₃	SiO ₂	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ molar	pH 3		pH 10,2		
					Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	
Litosol (1493)	A	1,04	0,99	1,6	0,50	0,78	0,27	0,66	7,9
Litosol (1505)	A	0,85	0,94	1,9	0,54	0,47	0,30	0,57	9,3
Litosol (MM10)	A	1,32	1,55	2,0	0,54	0,77	0,43	0,47	8,1
Ranker (1495)	A	0,94	1,29	2,3	0,39	0,52	0,36	0,60	7,5
Ranker (MM4)	A	3,40	1,30	0,7	0,72	1,89	0,64	1,98	10,9
Ranker (MM5)	A	2,36	1,75	1,3	0,54	1,42	0,50	1,13	10,1
C. húmico (1492)(1)	Au1	1,70	3,03	3,0	0,60	0,83	0,64	1,25	7,7
	Au2	2,27	1,10	0,8	0,94	1,44	1,04	2,08	10,0
	Au3	2,93	0,62	0,4	0,50	1,72	0,49	2,23	10,8
	Au4	2,93	0,75	0,4	0,44	1,61	0,43	2,00	10,9
	AB	6,42	1,98	0,5	0,34	2,17	0,26	1,96	10,9
	2C	8,36	3,00	0,6	0,25	1,79	0,23	1,89	10,8
C. húmico (MM2)(1)	Au1	3,12	1,20	0,7	0,90	1,65	1,00	1,98	11,0
	Au2	3,40	1,15	0,6	0,72	1,42	0,78	2,08	11,4
C. húmico (MM7)(1)	Au1	4,53	5,00	1,9	1,08	2,36	0,78	1,98	11,3
	Au2	5,57	3,70	1,1	1,26	2,83	1,00	2,74	11,5
C. húmico (1503)(2)	A	2,55	0,75	0,5	0,74	1,32	0,70	1,59	10,7
	C1	2,55	0,70	0,5	0,31	1,49	0,11	0,60	10,7
	C2	1,32	0,56	0,7	0,11	0,61	0,06	0,41	10,5
C. húmico (1506)(3)	A	1,79	1,85	1,8	0,78	0,52	1,03	0,60	9,5
	AB	2,83	0,72	0,4	1,13	1,00	0,68	0,98	10,5
	C	3,59	0,76	0,4	0,83	0,69	0,34	0,57	10,3
C. húmico (MM1)(3)	A	4,25	0,70	0,3	0,72	2,83	0,71	2,36	11,2
	AB	3,40	0,95	0,5	0,36	1,42	0,28	1,13	11,3
	BC	4,06	1,45	0,6	0,36	1,18	0,28	0,94	11,2
C. húmico (MM3)(3)	A	4,63	1,30	0,5	0,72	2,13	0,78	2,27	11,3
	BC	6,52	1,35	0,4	0,18	1,18	0,21	1,23	11,2
	C	4,72	1,25	0,4	0,09	0,94	0,07	0,58	10,9
C. húmico (MM8)(3)	Au1	4,72	0,70	0,3	1,26	2,12	1,00	2,17	11,2
	Au2	5,29	0,65	0,2	0,90	2,36	0,78	2,36	11,6
	AB	4,53	0,75	0,3	0,90	2,12	0,57	1,98	11,6
	C1	4,53	0,75	0,3	0,36	1,42	0,14	0,94	11,3
	C2	4,82	0,80	0,3	0,09	1,18	0,14	0,75	11,2
C. húmico (MM9)(3)	A	5,48	1,30	0,4	0,54	2,12	0,57	1,89	11,3
	B	6,61	1,80	0,5	0,36	0,94	0,36	0,94	10,7
	C1	8,41	2,15	0,4	0,18	0,47	0,21	1,23	10,3
	C2	13,13	2,10	0,3	0,09	0,47	0,11	0,47	10,2
Podsol (1504)	AE	0,94	0,72	1,3	0,35	0,62	0,30	0,57	8,8
	Bhs1	2,27	0,36	0,3	1,29	2,13	1,31	2,55	11,0
	Bhs2	5,57	0,99	0,3	1,04	4,06	0,78	2,08	11,1
Fluvisol (1494)	Au1	1,04	1,55	2,5	0,09	0,71	0,07	0,76	10,0
	Au2	1,23	1,71	2,4	0,03	0,57	0,03	0,79	10,3
Fluvisol (1502)	Au1	3,12	4,18	2,3	0,31	1,51	0,18	1,56	10,2
	Au2	3,40	3,72	1,9	0,13	1,61	0,10	1,65	10,9
Histosol (MM6)	Hi	2,17	7,40	5,8	1,26	0,94	1,03	0,60	7,5
	Ag	3,40	10,25	5,1	0,54	1,89	0,68	0,98	10,3
	Ha	3,42	26,50	13,2	0,36	3,07	0,34	0,57	10,0
S. Pardo Podsolico (Moretonham)(*)	Ah				0,92	0,55	0,74	0,64	
	Ah/Bh				1,06	0,83	1,14	0,74	
	Bs1				1,23	1,17	1,49	1,08	
	Bs2				0,51	1,25	0,53	0,82	
S. Pardo (Lustleig)(*)	Ap				1,29	1,72	0,29	0,21	
	Bw				1,00	1,42	0,36	0,40	
	BC				0,27	0,58	0,06	0,17	
Andept (ceniza vc.) (*)	B				4,15	10,17	0,64	0,79	
Alofano (**)				1,3-1,4					
Halloysita (**)				1,3-1,8					

(1) Haplumbrept éntico ; (2) Haplumbrept cumúlico ; (3) Haplumbrept típico

(*) Loveland y Bullock (1976)

(**) Hashimoto y Jackson (1960)

combinado extrae mayores cantidades de Fe, lo que resulta lógico dado que este método utiliza un reductor (ditionito) junto al oxalato que actúa como complejante. Sin embargo, las diferencias entre "Fe r.c." y "Fe o" y "Fe p" no son casi nunca importantes indicando que casi todo el Fe extraíble está ligado a la materia orgánica o pertenece a minerales micáceos de fácil liberación del Fe (biotitas y materiales derivados).

Las relaciones molares sílice/alúmina de los extractos con sosa suelen ser bastante bajas (tabla 1) en los horizontes A de suelos bien drenados, con la excepción de suelos muy jóvenes, de algunas capas superficiales de suelos formados por procesos acumulativos y de horizontes A de suelos podsólicos, indicando el carácter predominantemente aluminico de los componentes disueltos. Algo similar ocurre en los horizontes B y C pero en este caso las bajas relaciones sílice/alúmina son, al menos en muchos casos, consecuencia del Al aportado por la gibbsita que suele abundar en estos horizontes, mientras que es escasa en aquellos en los que abunda la materia orgánica.

En suelos más o menos afectados por condiciones hidromórficas (Histosoles, Fluvisoles, Gleysoles) la sosa extrae cantidades bastante altas de sílice que indican la existencia de formas de sílice amorfa de probable origen biológico (fitolitos). Otros componentes similares pueden estar presentes en capas superficiales de horizontes A de suelos bien drenados.

Los métodos de disolución selectiva confirman pues la existencia de componentes no cristalinos de naturaleza esencialmente aluminica, más abundantes en los horizontes A que en los B y C donde evolucionan hacia formas cristalinas, normalmente filosilicatos 1:1 y gibbsita, llegando esta última a ser el componente dominante de la fracción coloidal de algunos suelos.

3.- Reacción frente al FNa : pH en FNa del suelo y reactividad de la fracción coloidal.

Consecuencia y a la vez índice de la presencia de componentes aluminicos no o poco ordenados es la reacción del suelo o de su fracción coloidal frente al FNa. La determinación del pH en FNa fué utilizada como índice de presencia de alofano y actualmente debe considerarse como

indicativo en todas las circunstancias y tipos de suelos (puede haber problemas en presencia de materia orgánica muy ácida o de carbonatos) de la existencia de componentes no o pobremente cristalinos ricos en aluminio .

Los resultados correspondientes a la determinación del pH en FNa de 64 suelos sobre granito permiten conocer la distribución de los componentes reactivos en estos suelos, tanto en función del tipo de suelo como del tipo de horizonte . En la figura 1 se representan los valores medios y extremos del pH en FNa correspondientes a horizontes A,B y C de diferentes suelos sobre rocas graníticas . Los intervalos de pH , I, II, III y IV corresponden a : respuestas muy intensas y rápidas, fuertemente positivas (I) ; respuestas positivas, utilizando el valor de 9,4 como límite ya que es el propuesto por la Soil Taxonomy en la definición de complejo de cambio dominado por material amorfo (II) ; el intervalo III corresponde a respuestas negativas (pH entre 7.5 y 9.4) y el IV , en el que se incluyen los valores inferiores a 9.4 (más bajos que el pH inicial de la solución de FNa) que se deben atribuir a un importante efecto acidificante de algún componente del suelo, normalmente materia orgánica muy ácida, en ausencia o escasez de materiales altamente reactivos.

En los horizontes A el pH en FNa aumenta con el grado de desarrollo de los suelos de forma que las respuestas más bajas se dan en Litosoles y Rankeres y las mayores en los Cambisoles, sobre todo en los suelos pardos (Haplumbrept típico) y en los formados por procesos de acumulación de materiales en superficie (ranker atlántico, haplumbrept cumúllico).En estos últimos es frecuente que los valores de pH aumenten desde la parte superior del horizonte A , a veces con respuestas negativas, hasta sus capas más profundas, donde siempre son positivas.

En suelos podsólicos (sin horizonte álbico) los valores de pH en FNa son bastante variables, desde negativos a positivos dependiendo del grado de podsolización. Normalmente los horizontes A más reactivos corresponden a los podsoles plácicos cuya génesis depende sobre todo de procesos de drenaje lateral siendo el lavado de sus horizontes superficiales menos intenso.

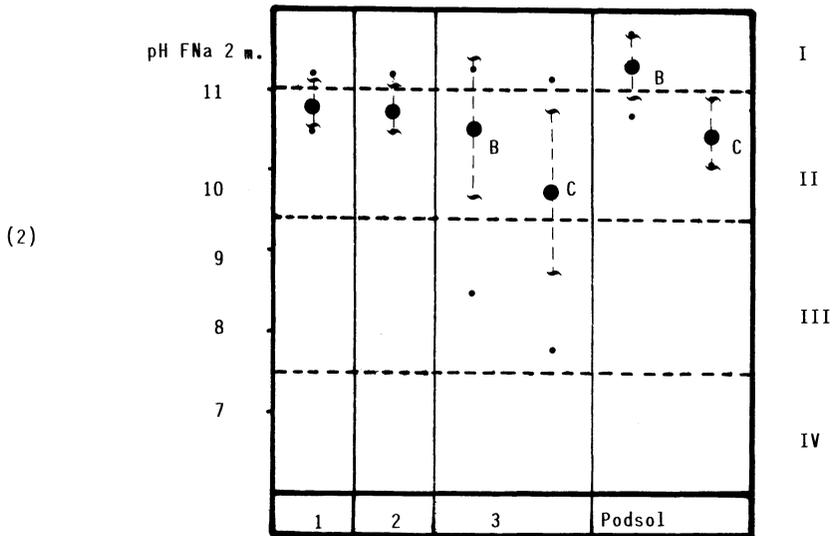
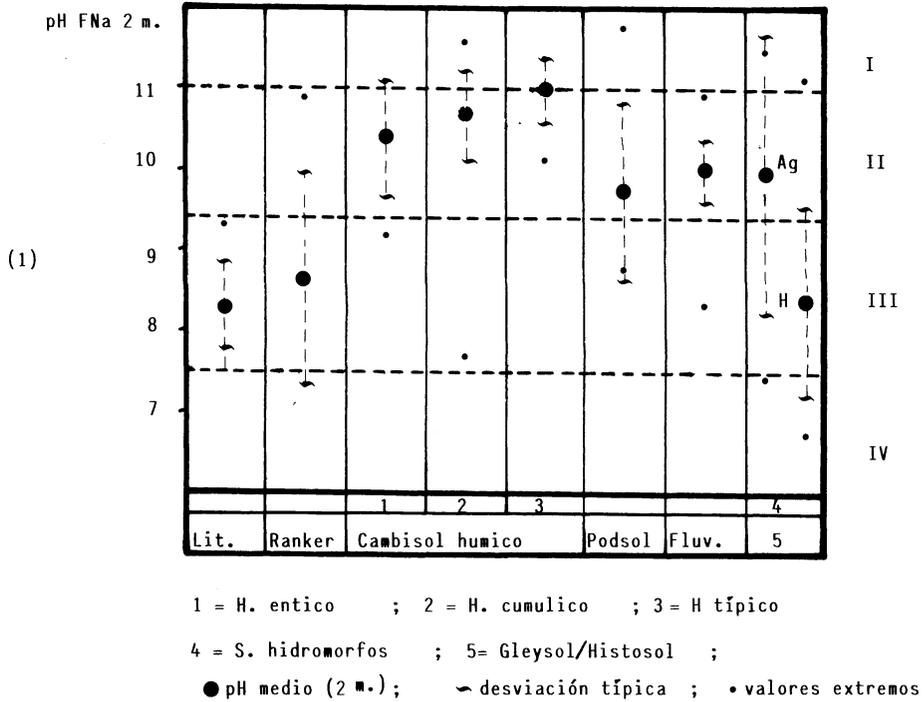


Fig. 1 .- Valores medios de pH en FNa de suelos formados sobre rocas graníticas .

- (1) Horizonte A
 (2) Horizontes B , C

Por último, en los suelos mas o menos afectados por el nivel freático se dan respuestas muy variadas, desde inferiores al pH inicial del FNa a fuertemente positivas. Varias pueden ser las explicaciones a la presencia de componentes no cristalinos reactivos en medios que, a priori, resultan desfavorables a su formación. En realidad en rocas graníticas no se dan medios realmente confinados sino que en ellos el agua circula más o menos lentamente y se mantienen condiciones de acidez y desaturación que favorecen la formación de estos componentes. Si a esto añadimos una humedad persistente y la posible formación de componentes poco ordenados en condiciones de mejor drenaje y que se depositan en estos ambientes, nos encontramos en un medio también favorable a su persistencia.

Los horizontes B y C presentan respuestas positivas, típicamente en podsoles y suelos podsólicos, y en saprolitas de cambisoles sin horizonte B o con horizonte B incipiente (Suelos AC con horizonte A úmbrico de m'as de 25 cm. o suelos tipo ranker atlántico). Por el contrario en suelos pardos, abundan respuestas poco intensas, negativas, en los horizontes B y C, siendo característico de estos suelos un descenso del pH en FNa desde los horizontes A a los C. Esta secuencia puede verse modificada por la acción de procesos de drenaje lateral interno que sitúan el máximo de reactividad en las zonas de circulación de agua.

Esta distribución de la reactividad frente al FNa supone que la formación de componentes de bajo grado de orden se produce en etapas tempranas de la edafogénesis pero es preciso un mínimo grado de evolución para que su presencia se manifieste. La materia orgánica es un componente decisivo en la estabilización de los materiales reactivos ya que estos aparecen ligados preferentemente a horizontes A y su evolución hacia formas cristalinas tiene lugar cuando su actividad disminuye, sobre todo a partir del comienzo de la formación de horizontes B. También confirma este hecho el que la mayor cantidad de Al no o poco cristalino se obtenga en los horizontes A en la extracción con pirofosfato.

La distribución de Al^o , Al^p , y $Al^{r.c.}$ coincide con la de la intensidad de las respuestas al test de FNa en los diferentes suelos y horizontes, aunque no se puede establecer una relación numérica entre ellos ya que la reacción con el FNa depende no solo de la cantidad sino también, y en mayor medida, de la naturaleza de los componentes reac-

cionantes.

Una mayor cuantificación de la reacción con el FNa se obtiene aplicando el test de Bracewell (11), que mide la cantidad de OH⁻ liberados a pH constante por el suelo o la arcilla en una suspensión en FNa. Los resultados correspondientes a las arcillas de 19 suelos sobre granitos se indican en la tabla 2. Con excepciones, la mayor reactividad (expresada en me.OH⁻/100 gr. de arcilla) suele corresponder a horizontes B y C, pudiendo ser alta en algunos horizontes A. Al igual que con el pH en FNa las reactividades más bajas se dan en los horizontes A de los suelos menos desarrollados, pero no faltan Litosoles cuya arcilla es bastante reactiva (perfil 1493), no manifestándose esta reactividad en su bajo pH en FNa. Los suelos de Piornedo, sobre todo sus horizontes C y los Bhs del podsol, presentan reactividades muy elevadas, en coincidencia con una arcilla muy poco cristalina y altamente soluble en CO₃Na₂ en frío, síntoma también de su bajo grado de orden (9).

Cuando la reactividad se refiere a la superficie específica (me.OH⁻/100 m²) siguen manteniéndose los valores más altos en los horizontes B y C, con las excepciones ya señaladas, y los valores mínimos corresponden a horizontes A de suelos muy jóvenes y de podsoles. En este caso las diferencias entre suelos y horizontes se atenúan bastante lo que indica, sin negar la evidente influencia de la naturaleza de las superficies reaccionantes, que la cantidad de superficie tiene una gran influencia en la intensidad de la reacción. Como ejemplo pueden citarse los casos de horizontes en que predomina gibbsita (C del perfil MM8 o del 1492) o formas amorfas ricas en Al (Bhs del perfil 1504*). Estos últimos presentan gran reactividad pero también una superficie muy alta, con lo que la reactividad referida a la superficie es equiparable e incluso inferior a la de horizontes donde predomina gibbsita.

En general la reactividad al FNa de los suelos estudiados es superior a la citada por Loveland y Bullock (27,28) en suelos pardos y suelos podsólicos de Inglaterra y Gales.

*

En este horizonte se ha identificado la presencia de imogolita por RMN (Fyfe y Chesworth, 1983).

Tabla N° 2 .- Reactividad al FNa de la fracción menor de 2 μ de suelos sobre rocas graníticas .

Tipo de suelo	Horz.	Superficie específica m ² /100grs.	Reactividad FNa		SiO ₂ /Al ₂ O ₃ NaOH o,5N	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ Total
			meq.0H/100g.	meq/100m ²		
Litosol (1493)	A	108	370	3,42	0,92	3,01
Litosol (1505)	A	124	198	1,60	2,57	3,27
Litosol (MM10)	A	145	47	0,32	-	-
Ranker (1495)	A	100	188	1,88	4,67	5,07
Ranker (MM4)	A	189	264	1,40	-	-
Ranker (MMS)	A	95	248	2,61	-	-
C. húmico (1492)	Au1	115	314	2,73	1,53	3,24
	Au2	150	443	2,95	0,51	2,64
	Au3	161	473	2,94	0,30	1,53
	Au4	164	451	2,75	0,28	1,40
	AB	187	396	2,12	0,15	1,30
	C	82	451	5,50	0,19	0,64
C. húmico (MM2)	Au1	265	299	1,13	-	-
	Au2	258	339	1,31	-	-
C. húmico (MM7)	Au1	109	299	2,74	-	-
	Au2	240	307	1,28	-	-
C. húmico (1503)	A	238	469	1,97	0,91	2,51
	C1	276	731	2,65	0,77	1,68
	C2	209	623	2,98	1,18	2,59
C. húmico (1506)	A	186	236	1,27	11,30	2,93
	AB	224	477	2,13	0,99	2,37
	C	204	464	2,27	0,58	2,22
C. húmico (MM1)	A	121	244	2,02	-	-
	AB	171	398	2,33	-	-
	BC	133	457	3,44	-	-
C. húmico (MM3)	A	121	232	1,98	-	-
	BC	129	418	3,24	-	-
	C	123	399	3,24	-	-
C. húmico (MM8)	Au1	141	235	1,67	-	-
	Au2	197	446	2,26	-	-
	AB	150	449	2,99	-	-
	C1	123	496	4,03	-	-
	C2	128	567	4,43	-	-
C. húmico (MM9)	A	187	473	2,53	-	-
	B	175	307	1,75	-	-
	C1	150	220	1,47	-	-
	C2	134	205	1,53	-	-
Podsol (1504)	AE	125	142	1,13	11,52	5,10
	Bhs	374	915	2,45	-	-
	Bms	398	1419	3,56	0,21	0,98
Fluvisol (1494)	Au1	156	555	3,56	2,29	3,21
	Au2	144	378	2,62	3,21	3,23
Fluvisol (1502)	Au1	197	568	2,88	1,85	3,01
	Au2	156	417	2,67	4,22	2,84
Histosol (MM6)	Hi	-	-	-	-	-
	Ag	131	358	2,73	-	-
	Ha	125	386	3,09	-	-
S. Pardo	Ah	-	120	-	-	-
Podsólico (*)	Ah Bh	-	160	-	-	-
	Bs1	-	330	-	-	-
	Bs2	-	400	-	-	-
Suelo Pardo	Ap	-	124	-	-	-
(*)	Bw	-	98	-	-	-
	BC	-	78	-	-	-

(*) Loveland y Bullock (1976)

Un último aspecto a destacar es la frecuente falta de correspondencia entre la reactividad de la fracción coloidal y el pH en FNa , en parte como consecuencia de la escasez de arcilla en muchos de los suelos. Aún así se confirma la escasez de componentes reactivos en suelos muy poco evolucionados y en los horizontes A de suelos con carácter podsólico entre otros .

4.- Naturaleza de los componentes no cristalinos.

Teniendo en cuenta los datos de reacción frente al FNa de suelos y arcilla, los resultados de los métodos de disolución selectiva y la mineralogía de la fracción arcilla (8), pueden realizarse algunas consideraciones acerca de la naturaleza de los componentes no cristalinos presentes en los suelos formados sobre rocas graníticas.

La primera característica que debe señalarse es la abundancia y variabilidad de componentes que pueden incluirse en este grupo. Además de formas de Al ligadas a la materia orgánica, en los horizontes A contribuyen a la reacción con el FNa y son extraídos mediante algunos métodos de disolución selectiva los islotes aluminicos interlaminares de micas degradadas , mientras que en los B y C los complejos pierden importancia frente a formas de gibbsita criptocristalinas o de muy pequeño tamaño de partícula, además de la posible intervención de filosilicatos 1:1 de baja cristalinidad. A estos componentes debe añadirse el Al situado en posiciones de cambio y la posible presencia de alofano y/o imogolita cuya formación en saprolitas de rocas graníticas ha sido señalada por algunos autores (29,30). Estos componentes se formarían preferentemente en horizontes sin o con poca materia orgánica ya que la supresión de la actividad del Al por la materia orgánica dificultaría su formación

5.- Consecuencias de la presencia de componentes no cristalinos.

Una propiedad característica de los suelos en los que abundan las formas libres y poco ordenadas de Al es el poseer una elevada capacidad de fijación de P. Como se puede ver en la tabla 3, en la que se indica la retención de P por los suelos estudiados, esta sigue una distribución similar a la de los componentes no cristalinos, tanto si se relacionan con las respuestas al test de FNa como con la cantidad de Al extraído

Tabla N° 3 .- Adsorción de fósforo por suelos formados sobre rocas graníticas .

Tipo de suelo	Horz.	mgr. P/100 gr.suelo		S.E. m ² /g suelo	mgr. P/100 m ²	
		pH 7	pH 4,5		pH 7	pH 4,5
Litosol (1493)	A	450	400	62	7,26	6,45
Litosol (1505)	A	900	930	84	10,71	11,07
Litosol (MM10)	A	150	480	97	1,54	4,95
Ranker (1495)	A	900	1080	62	14,51	17,52
Ranker (MM4)	A	1350	1455	63	21,43	23,09
Ranker (MM5)	A	375	705	128	2,93	5,51
Camb.húmico(1492)	Au1	1050	930	53	19,81	17,55
	Au2	750	705	59	12,71	11,95
	Au3	750	705	46	16,30	15,33
	Au4	1350	1150	42	32,14	27,50
	AB	1200	1380	52	23,07	26,54
2C	900	780	62	14,51	12,58	
Camb.húmico (MM2)	Au1	750	855	60	12,50	14,25
	Au2	960	705	44	20,45	16,02
Camb.húmico (MH7)	Au1	1275	1680	110	11,59	15,27
	Au2	1200	1905	99	12,12	19,24
Camb.húmico (1503)	A	2250	1180	75	30,00	15,73
	C1	2100	1305	37	56,75	35,27
	C2	1500	880	19	78,94	46,31
Camb.húmico (1506)	A	900	630	78	11,54	8,57
	AB	1200	930	60	20,00	15,50
	C	1500	930	47	31,91	19,79
Camb.húmico (MM1)	A	975	1380	68	14,34	20,29
	AB	750	855	24	31,25	35,62
	BC	600	855	22	27,27	38,86
Camb.húmico (MM3)	A	1125	1455	97	11,60	15,00
	BC	975	830	45	21,67	18,44
	C	750	705	27	27,78	26,11
Camb.húmico (MM8)	Au1	750	1380	70	10,71	19,71
	Au2	750	1455	55	13,63	26,45
	AB	1125	1080	45	25,00	24,00
	C1	750	855	22	34,09	38,86
	C2	750	705	20	37,50	35,25
Camb.húmico (MM9)	A	1200	1755	55	21,82	31,91
	B	600	555	39	15,38	14,23
	C1	450	330	36	12,50	9,17
	C2	600	355	43	13,95	18,88
Podsol (1504)	AE	700	330	77	9,09	4,28
	Bhs1	2100	1155	44	47,73	26,25
	Bhs2	2400	1530	55	43,63	27,82
Fluvisol (1494)	Au1	1350	1155	35	38,57	33,00
	Au2	800	780	25	32,00	31,20
Fluvisol (1502)	Au1	1350	1830	208	6,49	8,80
	Au2	1050	1380	131	8,01	10,53
Histosol (MM6)	Hi	300	480	622	0,48	0,77
	Ag	600	1230	162	3,70	7,59
	Ha	1200	1830	316	3,79	5,79
Andosoles (*) (a)	A , B	1914-2919	2202-4629	-	-	-
	(b)	1204-2161	1407-2012	-	-	-
	(c)	595	-	-	--	-

(*) Kawai (1980) (a) Contenido elevado en aluminio amorfo
(b) Contenido medio
(c) Contenido bajo

por métodos de disolución selectiva. En el caso del Al ó, el coeficiente de correlación lineal entre ambos parámetros es de $r=0.722$, con el P fijado a pH 7 y $r= 0.899$, con el fijado a pH 4.5. La retención de P es baja en los suelos más jóvenes, en los horizontes A de suelos podsólicos y , con excepciones, en los horizontes A de algunos suelos afectados por el nivel freático, aunque en estos últimos es más evidente cuando el fósforo retenido se refiere a la superficie específica del suelo. Los valores más altos suelen corresponder a horizontes A de suelos con mayor grado de evolución, muchas veces con el máximo situado en sus capas subsuperficiales. en algunos casos como son los suelos con carácter podsólico de Piornedo o aquellos fuertemente influenciados por procesos de drenaje lateral , los máximos se sitúan en horizontes B ó C .

De forma similar a lo que ocurría con la reactividad al FNa de la arcilla, cuando la fijación de P se refiere a la superficie específica los valores más altos suelen darse en horizontes B ó C , debiendo considerarse en este caso la acción de la materia orgánica que les confiere una elevada superficie .

Otro aspecto a destacar en cuanto a la fijación de P es la gran variabilidad tanto en las cantidades retenidas como en la relación en las que se obtienen a pH 7 y a pH 4.5 , encontrándose suelos u horizontes en los que es poco dependiente del pH mientras que en otros es fuertemente dependiente y en estos casos puede ser mayor a pH 7 que a pH 4.5.

Otras propiedades de los suelos que directa o indirectamente pueden relacionarse con la existencia de componentes no o poco ordenados son el predominio de la carga variable en todos los horizontes , entre el 70 y el 90 % estimada por la relación $CEC\ pH\ 8.2\ -Bases- Al(KCl)/CEC\ pH\ 8.2\ (31)$, tanto si abunda como si hay poca materia orgánica, y la fuerte saturación en Al del complejo de cambio, superior en casi todos los casos al 60 % , estimada según la relación $Al(KCl)/Al(KCl) + Bases\ (AcNH_4)\ (32)$, que confiere a los suelos formados sobre granito un marcado carácter álico.

Finalmente, y como resumen de las propiedades relacionadas con los componentes no cristalinos, debe señalarse que en algunos horizontes A o al menos en parte de ellos se cumple la definición de complejo de cam-

bio dominado por material amorfo (33) y con más frecuencia los suelos deben incluirse en subgrupos ándicos de la Soil Taxonomy (33). Una limitación frecuente, y en muchas ocasiones la única, para poder definir un complejo de cambio dominado por material amorfo en muchos horizontes A y en algunos B , o para incluir los suelos en subgrupos ándicos, son unas densidades aparentes demasiado altas. En ocasiones una retención de P demasiado baja puede impedir también que se cumplan las definiciones indicadas .

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- BISDOM, E.B.A. (1967) Micromorphology of a weathered granite near the Ria de Arosa (NW Spain). *Leidse Geol. Meded.*, 37, 33-67.
- 2.- CALVO, R.; GUITIAN, F.; MACIAS, F. (1981) Alteración del material granítico del Monte Meda (La Coruña, Galicia, España). *Trab. Lab. Xeol de Laxe*, 2, 245-251.
- 3.- GUITIAN, F.; CALVO, R. (1981) Evolución de los minerales primarios de las rocas graníticas de Galicia. Aplicación de las técnicas de microscopía electrónica (SEM) y análisis con microsonda. *An. Edaf. Agrob.*, 40, 1687-706.
- 4.- CALVO, R.; MACIAS, F. (1981) Transformaciones en la organización durante la alteración y edafogénesis de rocas graníticas de Galicia. *An. Edaf. Agro.* 40, 1559-1572.
- 5.- CALVO, R.; GARCIA-RODEJA, E.; MACIAS, F. (1982) Mineralogical variability in weathering microsystems of a granitic outcrop of Galicia (Spain). *Catena* (en prensa).
- 6.- MACIAS, F.; GUITIAN, F.; GARCIA-RODEJA, E.; VIDAL, J.R. (1980) Componentes no cristalinos y cristalinos (gibbsita y caolinita) en los productos de neoformación de rocas graníticas de Galicia. *Cuadernos Lab. Xeol. de Laxe*, 1, 51-67.
- 7.- CALVO, R.; GUITIAN, F.; MACIAS, F. (1982) Aspectos geoquímicos de la alteración de un granito de dos micas en Galicia. *Acta Científica Compostelana* (en prensa).
- 8.- MACIAS, F.; GARCIA PAZ, C.; GARCIA-RODEJA, E. (1982) Mineralogía de las arcillas en suelos y alteraciones sobre materiales graníticos de Galicia. *Cuadernos Lab. Xeol. de Laxe*, 3, 387-414.
- 9.- GARCIA-RODEJA, E. (1983) Componentes no cristalinos en suelos de Galicia: Distribución, Naturaleza y Propiedades. Tesis. Univ. de Santiago.
- 10.- FIELDS, M.; PERROT, K.W. (1966) The nature of allophane in soils. III Rapid field and laboratory test for allophane. *N.Z.J.Sci.*, 9, 623-629.

- 11.- BRACEWELL, J.M.; CAMPBELL, A.S.; MITCHELL, B.D. (1970) An assesment of some thermal and chemical techniques used in the study of the poorly ordered aluminosilicates in soil clays. *Clay Min.*, 8, 325-335.
- 12.- HEILMAN, M.D.; CARTER, D.L.; GONZALEZ, C.L. (1965) The ethylene glycol mono ethyl ether (EGME) technique for determining soil surface area. *Soil Sci.*, 100, 409-413.
- 13.- KAWAI, K. (1980) The relationship of phosphorous adsorption to amorphous aluminium for characterizing Andosols. *Soil Sci.*, 129, 186-190.
- 14.- HASHIMOTO, I.M.; JACKSON, M.L. (1960) Rapid dissolution of allophane and kaolinite and halloysite after dehydration. *Clays Clay Min.*, 7, 102-113.
- 15.- McKEAGUE, J.A.; DAY, J.H. (1966) Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as an aid in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil Sci.*, 46, 13-22.
- 16.- BASCOMB, C.L. (1968) Distribution of pyrophosphate extractable iron and organic carbon in soils of various groups. *J. Soil Sci.*, 19, 251-268.
- 17.- MACIAS, F.; GARCIA-RODEJA, E.; GUITIAN, F.; PUGA, M. (1980) Origen y distribución de la gibbsita en Galicia. *An. Edaf. Agrob.*, 39, 1533-1563.
- 18.- TRINH, H. (1976) Rôle tampon des constituants alumineux dans les sols acides de quelques pays d'Afrique Occidentale et de Madagascar. *Cah. ORSTOM, sér Pédo.*, 14, 207-218.
- 19.- CHESWORTH, W. (1977) Weathering stages of the common igneous rocks, index minerals and mineral assemblages at the surface of the Earth. *J. Soil Sci.*, 28, 490-497.
- 20.- MIZOTA, C. (1978) Clay mineralogy of the A horizons of seven Ando Soils, Central Kyushu. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 24, 63-73.
- 21.- WADA, K.; HIGASHI, T. (1976) The categories of Al- and Fe-humus complexes in Ando Soils determined by selective dissolution. *J. Soil Sci.*, 27, 357-368.
- 22.- CARBALLAS, M. (1982) Estudio de la génesis del Ranker Atlántico. Tesis Universidad de Santiago.
- 23.- DUCHAUFOR, P.; SOUCHIER, B. (1966) Note sur une methode d'extraction combinee de l'aluminium et du fer libre dans les sols. *Sci. du Sol*, 1, 17-30
- 24.- GUITIAN OJEA, F. (1967) Suelos de la zona húmeda española. I. Tipos principales y sus relaciones genéticas. *An. Edaf. Agrob.*, 26, 1369-1378.
- 25.- FEY, M.V.; LE ROUX, J. (1977) Properties and quantitative estimation of sesquioxidic soil clays. *Clays Clay Min.*, 25, 285-294.
- 26.- PARFITT, R.L. (1982) Comparation of an oxalate extraction method and an infrared spectroscopic method for determining allophane in soil clays. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 28, 183-190.
- 27.- LOVELAND, P.J.; BULLOCK, P. (1975) Crystalline and amorphous components of the clay fraction in brown podzolic soils. *Clay Min.*, 10, 451-469.
- 28.- LOVELAND, P.J.; BULLOCK, P. (1976) Chemical and mineralogical properties of brown podzolic soils in comparison with soils of other groups. *J. Soil Sci.*, 27, 523-540.

- 29.- GRANT,W.H.(1963) Weathering of stone mountains granite. Clays Clay Min.,11,65-73.
- 30.- TAZAKI,K.(1979) Scanning electron microscopic study of imogolite formation from plagioclase. Clays Clay Min.,27,209-212.
- 31.- THOMAS,R.F.;BLACKEMORE,L.C.;KINLOCH,D.I.(1979) Flow-Diagram Keys for "Soil Taxonomy"A.Diagnostic horizons and properties:mineral soils. Sc.Report 39 A,N.Z. Soil Bureau.
- 32.- BUOL,S.W.;SANCHEZ,P.A.;CATE,R.B.;GRANGER,M.A.(1975) Soil Fertility Capability Classification. En E.Bornemisza y A.Alvarado (ed):"Soil Management in Tropical America".126-145.Soil Sci. Dept.,Raileigh, North Carolina.USA.
- 33.- SOIL SURVEY STAFF,US.SOIL CONSERVATION SERVICE (1975) Soil Taxonomy A basic system for making and interpreting soil survey.Agric.Handbook: 346, US Government Printing Office. Washington DC.