

La disolución de abrasión en el estudio de los procesos de meteorización y edafogénesis

T. TABOADA RODRÍGUEZ*, R. ROMERO FRANCO** & C. GARCÍA PAZ*

* *Departamento de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Biología Universidad de Santiago. 15706 Santiago de Compostela. España*

** *Departamento de Ingeniería Agroforestal y Producción Vegetal Escuela Politécnica Superior de Lugo. 27002 Lugo. España*

(Recibido, junio de 1995. Aceptado, octubre de 1995)

Resumen

TABOADA, T., ROMERO, R. & GARCÍA, C. (1996). La disolución de abrasión en el estudio de los procesos de meteorización y edafogénesis. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 6: 61-67

En varios suelos desarrollados sobre esquistos, anfíbolitas, granulitas, granitos y gabros, y en diversos perfiles de alteración, se ha observado un descenso del pH de abrasión y una disminución de la concentración de cationes en la disolución de abrasión a medida que aumenta el grado de meteorización. En los suelos, el análisis de dicha disolución informa sobre la fertilidad potencial, el grado de evolución y la existencia de procesos de rejuvenecimiento. Además, dada la información que suministra sobre el contenido catiónico de los suelos, se sugiere el estudio de la disolución de abrasión en los modelos para la evaluación de los suelos en los mapas de cargas críticas.

Palabras clave: pH de abrasión, meteorización, fertilidad potencial.

Abstract

TABOADA, T., ROMERO, R. & GARCÍA, C. (1996). The abrasion solution in the study of weathering and pedogenetical processes. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 6: 61-67

The trends in the abrasion solution composition in various soil horizons and weathering profiles developed on schist, amphibolites, granulites, granites and gabbros are studied. Results indicate that pH and cation concentrations in the abrasion solution decrease when the weathering process is more intense. The analysis of abrasion solution provide good information about potential fertility, degree of soil evolution and the possible existence of rejuvenescence processes. Furthermore, the information supplied by abrasion solution on soil cationic content can be used in the evaluation of critical loads of soils.

Key words: Abrasion pH, weathering, potential fertility.

INTRODUCCIÓN

El pH de abrasión es el valor que resulta al medir la concentración de H^+ en una suspensión, en agua destilada, de minerales molidos. Como es lógico, el valor del pH inicial del agua se verá

afectado por la llegada de los iones procedentes de las matrices cristalinas, que ven facilitado su paso a la disolución por el incremento de la superficie específica durante el proceso de trituración de las muestras.

LOUGHMAN (1969) indica que, básicamente, se trata de un proceso de hidratación en el que la hidrólisis y el reemplazamiento de parte de los cationes por hidrógeno continúa hasta el punto en el que se alcanza el equilibrio:



Los objetivos que se persiguen con la determinación del pH de abrasión varían según autores, como: Kenngot en 1867, Clarke en 1900 y Umegaki en 1938 (STEVENS & CARRON, 1948), STEVENS & CARRON (1948), GRANT (1969) y FERRARI & MAGALDI (1983), tal como se recoge en ROMERO *et al.* (1987), y pueden resumirse en tres apartados: test de identificación mineral, índice de alteración química y reflejo de la fertilidad potencial, a los que, en nuestra opinión y relacionado sobre todo con los dos primeros objetivos, podría añadirse la utilización del pH de abrasión en los modelos de evaluación de cargas críticas de los suelos, dentro del apartado en el que se consideran las tasas de meteorización.

Existen divergencias en cuanto a la forma de obtener el pH de abrasión; así, GRANT (1969) lo determina efectuando el molido de los materiales en agua destilada, mientras que la metodología propuesta por Umegaki en 1938 (STEVENS & CARRON, 1948) y seguida por FERRARI & MAGALDI (1983) consiste en realizar la medida del pH de una suspensión en agua destilada de los materiales previamente molidos en seco.

En el presente trabajo se ha estudiado la relación entre el pH de abrasión y los procesos de meteorización de los minerales y la edafogénesis y se propone la determinación del pH de abrasión como índice adecuado para la evaluación de la alteración de los minerales y de su capacidad de cesión o reserva potencial de cationes. El método elegido para la medida del pH de abrasión ha sido el propuesto por GRANT (1969).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron cinco tipos de rocas situadas en la provincia de La Coruña (Galicia, Espa-

ña): granitos, esquistos, anfibolitas, gabros y granulitas. Se analizó la disolución de abrasión de la roca en estado fresco y en diversos grados de alteración y de los horizontes edáficos de los suelos desarrollados sobre cada tipo de roca.

Método de Grant (1969)

Se pesan 20g de muestra total, previamente lavada con agua destilada y seca, se introduce en un mortero de ágata (modelo Retsch ultra fino tipo RM 0) con 40 ml de agua destilada y se muele durante dos minutos y quince segundos. Se deja reposar durante dos minutos, se extraen 15 ml de sobrenadante y en el resto se mide el pH.

Determinaciones en la disolución de abrasión

El sobrenadante de la operación anterior se centrifuga, obteniéndose un nuevo sobrenadante que constituye la disolución de abrasión, en la que se determina la concentración de Ca y Mg por espectrofotometría de absorción atómica y de Na y K por espectrofotometría de emisión.

Dado que en estudios anteriores (ROMERO *et al.*, 1987; ROMERO, 1989) se comprobó que la materia orgánica tiene un efecto homogeneizador sobre el valor del pH de abrasión, se eliminó ésta con agua oxigenada al 6%.

Difracción de rayos X

Se obtuvieron diagramas de polvo cristalino de las muestras totales utilizando un equipo Philips PW 1279.

RESULTADOS

Los datos del pH de abrasión así como las concentraciones de Ca, Mg, Na y K existentes en la disolución de abrasión de cada una de las muestras analizadas se recogen en la Tabla I.

pH de abrasión

El pH de abrasión desciende a medida que progresa la meteorización, siendo esto generalizable a todos los materiales estudiados,

TABLA I. Valores del pH de abrasión y de la concentración de cationes de la disolución de abrasión

Material	pH abr.	Disolución de abrasión (cmol kg ⁻¹)				Suma
		Ca	Mg	Na	K	
GRANITO						
Horizonte A	5.0	0.012	0.008	0.37	0.11	0.50
Horizonte BC	5.7	0.001	0.084	0.36	0.09	0.55
Horizonte C	5.4	0.001	0.005	0.26	0.07	0.33
Roca alterada	7.2	0.019	0.046	0.56	0.14	0.76
Roca fresca	7.4	0.019	0.052	0.69	0.16	0.92
ESQUISTO						
Horizonte A	4.5	0.031	0.140	0.22	0.082	0.47
Horizonte B	5.0	0.006	0.072	0.29	0.009	0.37
Horizonte 2B	5.3	0.023	0.227	0.40	0.007	0.65
Horizonte C	5.1	0.002	0.004	0.24	0.008	0.25
Roca+alterada	5.6	0.005	0.024	0.28	0.005	0.31
Roca alterada	6.2	0.006	0.037	0.58	0.020	0.69
GABRO						
Horizonte A	4.6	0.032	0.100	0.06	0.051	0.24
Horizonte AB	5.0	0.025	0.072	0.11	0.026	0.23
Horizonte B	5.1	0.024	0.066	0.10	0.027	0.21
Horizonte 2BC	4.8	0.013	0.034	0.12	0.070	0.23
Horizonte 2C	4.8	0.015	0.024	0.16	0.026	0.22
Roca+alterada	5.7	0.038	0.027	0.25	0.005	0.26
Roca alterada	6.7	0.095	0.028	0.29	0.007	0.42
Roca fresca	9.5	0.220	0.330	0.41	0.051	1.01
ANFIBOLITA						
Horizonte A	4.8	0.022	0.08	0.14	0.087	0.23
Horizonte B1	4.8	0.011	0.10	0.32	0.001	0.44
Horizonte B2	5.3	0.016	0.06	0.33	0.004	0.41
Horizonte C1	5.6	0.015	0.04	0.18	0.001	0.37
Horizonte C2	5.8	0.021	0.04	0.29	0.001	0.35
Roca++alterada	5.5	0.020	0.03	0.12	0.007	0.17
Roca+alterada	5.6	0.014	0.06	0.15	0.002	0.22
Roca alterada	6.4	0.025	0.13	0.31	0.005	0.47
Roca fresca	7.9	0.053	0.23	0.45	0.004	0.73
GRANULITA						
Horizonte A	4.8	0.011	0.108	0.20	0.028	0.34
Horizonte BC	4.6	0.057	0.108	0.16	0.016	0.34
Roca alterada	5.2	0.018	0.055	0.24	0.012	0.33
Roca fresca	7.3	0.137	0.190	0.39	0.056	0.77

observándose, además, que en las rocas más alterables el descenso del pH es más acusado en las primeras fases del proceso; así, mientras en las rocas gabróicas el descenso es de 2.8 unidades y en las granulitas de 2.1, en los granitos el paso de roca fresca a alterada se acompaña sólo

de una disminución de 0.2 unidades de pH (Tabla I).

En cuanto al esquisto hay que indicar que la roca de la cual se parte en el perfil se encuentra ligeramente alterada, tal como lo han demostrado los estudios por D.R.X, pues en ellos ya se

detecta la presencia de minerales del grupo del caolín. Tratando de estimar el valor del pH del esquisto fresco se realizaron diversos análisis de muestras correspondientes a la serie esquistosa a la que pertenece el perfil estudiado; pero como se trata de un conjunto metasedimentario bastante heterogéneo en cuanto a la proporción de sus constituyentes fundamentales (feldespatos, cuarzo, moscovita, biotita y clorita) existe una cierta variabilidad en los valores de pH de abrasión; así, aunque la mayoría de estos esquistos presentan valores comprendidos entre 8 y 9, se encontraron muestras con pH superior incluso a 9.5 en rocas muy ricas en albita, hecho que viene a indicar la interdependencia composición mineralógica-pH de abrasión.

Este mismo aspecto aparece reflejado en la Fig. 1, en la que se recogen los diagramas de difracción de rayos X de las muestras que forman el perfil de alteración sobre anfibolitas, apreciándose que a medida que progresa la meteorización decrecen de forma paulatina los efectos asignados tanto a los anfíboles como a los feldespatos, produciéndose al mismo tiempo el incremento de las reflexiones atribuidas a los minerales típicos de la fracción arcilla: minerales de tipo vermiculítico (efectos sobre 1.4 nm) y de tipo caolínítico (efectos a 0.7 y 0.44 nm). Paralelamente a esos cambios de composición mineral se producen descensos en el valor del pH de abrasión, pues mientras el de la roca en estado más fresco es de 7.9 el de la roca más alterada es de 5.5. Figuras similares a la n° 1 podrían ilustrar el comportamiento de los otros materiales estudiados, por lo que el valor del pH de abrasión se considera un fiel reflejo de los cambios mineralógicos acaecidos durante la alteración y, por tanto, válido como índice de meteorización.

En cuanto a los suelos, se observa que el pH de abrasión marca las discontinuidades debidas a los diferentes ciclos de edafogénesis; sería el caso del gabro y del esquisto, en los que se comprueba cómo el nuevo ciclo produce un ligero incremento en los valores de este pH.

El pH refleja asimismo la existencia de aportes de materiales por coluvionamiento, como ocurre en el horizonte BC del perfil granítico,

donde el ascenso del pH de abrasión hay que relacionarlo con la llegada de minerales frescos.

Otro aspecto, fácilmente deducible de la observación de los datos de la Tabla I, es que los cambios de pH de abrasión se ven muy mitigados en el perfil edáfico, siendo además el comportamiento muy similar en todas las secuencias analizadas.

Disolución de abrasión

Completando el estudio del pH de abrasión, se han determinado las concentraciones de Ca, Mg, Na y K en las disoluciones de abrasión de cada una de las secuencias de alteración y de los horizontes edáficos. En las diferentes etapas de meteorización, el pH de abrasión se correlaciona con la suma de cationes existentes en la disolución de abrasión, siendo esto válido para todos los materiales analizados; las nubes de puntos se ajustan perfectamente a funciones lineales del tipo: $y=a+bx$, variando los coeficientes de correlación entre 0.94 en el perfil sobre esquistos y 0.99 en el gabro, siendo por tanto altamente significativos.

Todo ello no hace más que reforzar la idea apuntada por GRANT (1969) de la posible utilización del valor del pH de abrasión como índice de la alteración, puesto que, además, se demuestra que la suma de bases (Ca+Mg+Na+K) llega a explicar hasta el 96% de la variabilidad total del pH de abrasión.

Existe una estrecha relación entre el contenido catiónico de la disolución de abrasión y la composición mineral del material original; así, se observa que en todas las disoluciones el sodio es el catión más abundante (Tabla I), lo que está en perfecta concordancia con el hecho de que el mineral común a todas las rocas consideradas en este estudio sea la plagioclasa. Además, al establecer los índices de correlación entre cada uno de los cationes y el valor del pH de abrasión (Tabla II) los mejor correlacionados son, en cada caso, los cationes más abundantes en la composición química de los minerales mayoritarios.

Mientras en las fases de alteración la correlación entre el pH de abrasión y la concentración de cationes de la disolución de abrasión es clara,

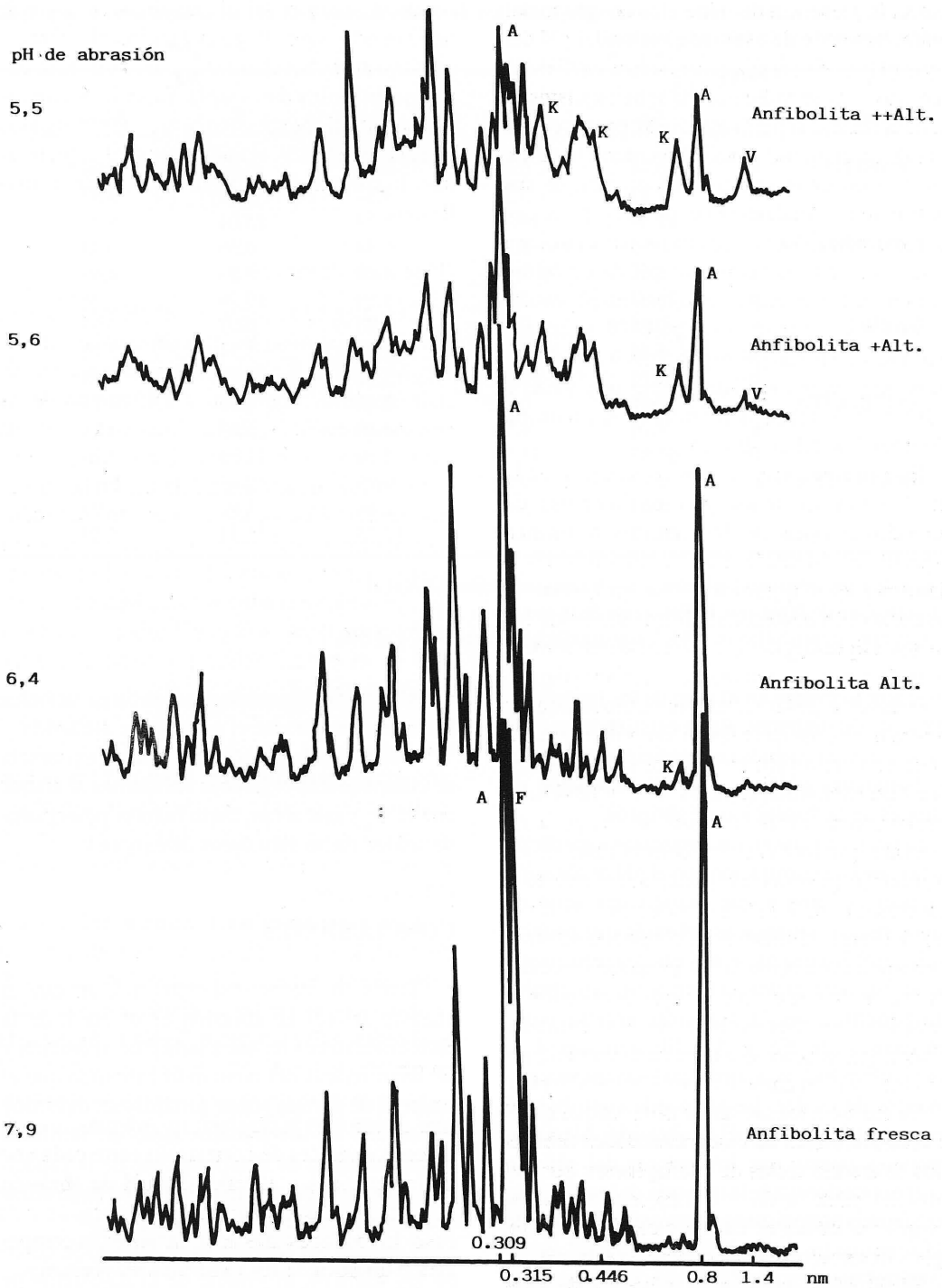


Fig. 1. Diagramas de D.R.X de las muestra del perfil de alteración sobre anfibolitas. A=Anfiboles, F=Feldspatos, V=Vermiculitas, K=filosilicatos 1:1 dioctaédricos.

TABLA II. Correlaciones entre el contenido catiónico de la disolución y el pH de abrasión en el perfil de meteorización y edáfico de cada material

Material		Ca	Mg	Na	K	Suma
GRANITO	r	0.74	0.44	0.91 *	0.84	0.90 *
	a	5.21	5.56	3.57	3.29	3.53
	b	89.30	14.79	5.74	25.04	4.27
ESQUISTO	r	0.55	0.35	0.84 *	0.56	0.43
	a	5.61	5.48	4.08	5.53	4.66
	b	26.87	2.38	3.59	10.76	1.36 **
GABRO	r	0.98 **	0.83 *	0.93 **	0.02	0.97
	a	4.44	4.64	3.35	5.74	3.70
	b	23.10	13.28	12.91	1.16	5.88
ANFIBOLITA	r	0.89 **	0.77 *	0.63	0.35	0.75 *
	a	4.26	4.76	4.40	5.89	4.16
	b	67.83	11.54	5.30	11.94	4.20
GRANULITA	r	0.87	0.79	0.99 **	0.89	0.97 *
	a	4.43	3.44	2.44	3.91	2.99
	b	18.72	17.62	12.25	55.74	5.59

Rectas de regresión lineal: pH abr. = a + b (concentración catiónica).

a: Coeficiente de regresión, b: Pendiente de la recta.

** : r es muy significativa (< 1%), * : r es significativa entre el 1 y el 5%.

no ocurre lo mismo en el caso de los horizontes edáficos; sin embargo, sigue existiendo una estrecha relación entre la composición mineral de los horizontes edáficos y la concentración de cationes de la disolución de abrasión.

El hecho de que en los horizontes superficiales del suelo la correlación con el pH de abrasión sea peor se debe a que existen una serie de características intrínsecas del suelo que podrían explicarlo: Por una parte, hay que tener en cuenta que se está ante suelos en los que los principales componentes de la fracción arcilla (oxihidróxidos de Fe y Al, filosilicatos 1:1, vermiculitas hidroxialumínicas) son fuentes potenciales de acidez, lo que puede contribuir al descenso del valor del pH de abrasión. Al mismo tiempo, y puesto que los valores del pH son siempre inferiores a 6, la mayoría de los coloides inorgánicos portarán una carga neta negativa, de tal forma que los cationes liberados de las matrices cristalinas durante el proceso de alteración se verán retenidos en tales superficies activas insaturadas y, por consiguiente, se dificulta su eliminación durante el proceso de lavado, lo que

a su vez contribuye a enriquecer en carga catiónica la disolución durante el proceso de molienda.

A esto habría que añadir la posible existencia de componentes orgánicos resistentes al ataque con H_2O_2 y que serán, tanto fuentes potenciales de acidez como sumideros de cationes.

CONCLUSIONES

Todos los datos obtenidos indican que el análisis del pH de abrasión en el curso de la meteorización es un buen índice de alteración y un buen reflejo del contenido catiónico que el material de partida puede suministrar, dato muy importante en los estudios tanto de fertilidad potencial como de determinación de la capacidad potencial de ese material para neutralizar una posible contaminación ácida.

Tanto en los horizontes de alteración como en los edáficos, el estudio de la disolución de abrasión supone un método no sólo más sencillo sino incluso más directo de cuantificar la reserva potencial de cationes de cualquier material origi-

nal, ya que, aún en el caso de los horizontes edáficos, donde no existe una buena correlación entre el pH de abrasión y el contenido catiónico de la disolución de abrasión debido a influencias ajenas a la propia composición mineralógica del material original, es el contenido catiónico de la disolución de abrasión un fiel reflejo de la mineralogía del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERRARI, G.A. & MAGALDI, D. (1983). Degree of soil weathering as determined by abrasion pH: Application in soil study and in paleopedology. *Pedologie*, **33**: 93-104.
- GRANT, W.H. (1969). Abrasion pH, an index of chemical weathering. *Clays and Clay Minerals*, **17**: 151-155.
- LOUGMAN, F.C. (1969). Chemical weathering for silicate rocks. *Geol. Mag.*, **106**: 501-504.
- ROMERO, R. (1989). *Familias mineralógicas en suelos sobre granitos de la provincia de La Coruña*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- ROMERO, R., TABOADA, T., GARCÍA, C. & MACÍAS, F. (1987). Utilización del pH de abrasión como un índice del grado de evolución de la alteración y edafogénesis en suelos graníticos de la provincia de La Coruña. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, **11**: 171-182.
- STEVENS, R.E. & CARRON, M.K. (1948). Simple field test for distinguishing minerals by abrasion pH. *American Mineralogist*, **33**: 31-49.