

## Relación entre textura, pH, materia orgánica y complejo de cambio en el horizonte superior de un suelo sobre serpentinas

## Relationships between texture, pH, organic matter and exchange capacity in the top horizon of a soil over serpentines

PAZ GONZÁLEZ, A., TABOADA CASTRO, M. T. y GÓMEZ SUÁREZ, M. J.

A statistical analysis of texture, pH, organic matter content and CEC in the top horizon of a soil over serpentine underneath was undertaken.

The studied properties showed a considerable variability. Significant correlations were detected between organic matter content, clay content and CEC. Likewise these three ahead mentioned properties were correlated with exchangeable Ca and Mg. In the exchange complex Mg prevailed over Ca so that the ration Ca/Mg was low and was found to increase as the pH diminished.

**Key words:** Generals properties, Infertility, Statistic analysis, Soil over serpentines.

PAZ GONZÁLEZ, A., TABOADA CASTRO, M. T. y GÓMEZ SUÁREZ, M. J. (Facultad de Ciencias. Universidad de La Coruña. A Zapateira, 15071 La Coruña)

## INTRODUCCIÓN

En Galicia los suelos formados sobre serpentinas han sido estudiados tanto desde el punto de vista genético como de fertilidad, destacando entre otros los trabajos de CARBALLAS *et al.*, 1965, GUITIÁN y LÓPEZ, 1980; LÓPEZ y GUITIÁN, 1981; LÓPEZ *et al.*, 1985. Más recientemente, y aunque de forma puntual, se han abordado otros aspectos de estos suelos, tales como la variabilidad espacial de diversos metales pesados a escala del orden de las 4 hectáreas. (TABOADA *et al.*, 1997).

Frecuentemente, los suelos desarrollados sobre este tipo de rocas, llaman la atención por su elevado grado de infertilidad, provocado por la deficiencia de nutrientes y por el excesivo contenido en metales pesados tóxicos, lo que limita o impide el desarrollo de la vegetación. Pero en los suelos sobre serpentinas no solo se aprecia un escaso crecimiento de la vegetación sino que además es evidente un desarrollo irregular de la misma, con frecuentes calvas y retazos arbustivos y arbóreos de porte muy desigual, lo que hace a estos suelos fácilmente distinguibles de los suelos limítrofes formados sobre otro tipo de material geológico. La heterogeneidad del desarrollo observado en la vegetación puede estar relacionada con la variabilidad de los elementos nutritivos y/o metales pesados tóxicos como el Ni y Cr.

Debido a procesos de erosión diferencial, la microtopografía a escala métrica o decamétrica suele ser muy irregular, lo que hace que la profundidad y desarrollo del suelo sea también a esta escala variable.

En el marco de un estudio sobre el contenido y la variabilidad espacial de metales pesados en un suelo sobre serpentinas, se analizó también la variación de la textura y

las propiedades químicas generales del horizonte superficial. El objetivo de este trabajo es presentar los resultados estadísticos de las propiedades antes citadas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Características del área de estudio

El suelo estudiado se encuentra en el área de La Capelada (norte de la provincia de A Coruña), entre la carretera de Cedeira a San Andrés de Teixido. Está situado en una ladera con pendiente suavemente inclinada (clase 2; FAO, 1997) a una altura media de 280 m. Se trata de un suelo de monte con escasa vegetación y gran cantidad de especies endémicas, que ha sido repoblado con *Pinus pinaster* y de forma ocasional se usa como pasto para caballos salvajes. La profundidad del suelo es bastante desigual, apareciendo algunas zonas con afloramientos rocosos de serpentina y otras en las que el suelo supera el metro de profundidad.

### Toma de muestras

La toma de muestras se efectuó sobre una extensión de 4 hectáreas. En ella se recogieron 53 muestras del horizonte superficial (0-20 cm de profundidad) siendo la distancia mínima entre muestras de 0,5 m y la distancia máxima de 282 m, tal como se puede apreciar en TABOADA *et al.*, 1997.

### Métodos analíticos

Las muestras se secaron al aire y se tamizaron por 2 mm. Se determinó el pH (H<sub>2</sub>O, KCl) y granulometría (método internacional) según los métodos descritos en GUITIÁN y CARBALLAS (1976). Materia

orgánica, nitrógeno, capacidad de intercambio catiónico ( $\text{NH}_4\text{OAc}$  1N, pH 7) bases de cambio, K asimilable y P (según Olsen) se determinaron siguiendo los métodos oficiales de análisis de suelos (M.A.P.A., 1995).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios y extremos de las propiedades estudiadas se presentan en la tabla 1. A la escala estudiada el intervalo de oscilación del pH es amplio; el pH en  $\text{H}_2\text{O}$  difiere en 1,5 unidades entre los valores mínimos y máximos, variando de muy fuertemente ácido (5) a ligeramente ácido (6,53), aunque la mayor parte de las muestras son medianamente ácidas (5,69 de media).

Destaca también el amplio rango de valores de la materia orgánica (4,20-14,99), caracterizándose este suelo por presentar un contenido en materia orgánica bastante elevado por término medio (10,38 %). Amplias oscilaciones en los valores de materia orgánica se encontraron también al analizar la variabilidad de este parámetro en otros suelos de Galicia dedicados a monte (TABOADA *et al.*, 1996). La cantidad de nitrógeno total es poco importante, resultando una buena relación C/N que permanece relativamente constante en toda la superficie analizada.

Se considera que el contenido en materia orgánica de los suelos sobre serpentinas es en general inferior al de los suelos sobre otro tipo de materiales (GUITIÁN y LÓPEZ, 1980), por lo que, los elevados contenidos de materia orgánica de la parcela estudiada se podrían relacionar con la presencia de zonas hidromorfas, observadas a favor de pequeñas depresiones del relieve.

En cuanto al complejo de cambio, este suelo se caracteriza por presentar una eleva-

da capacidad de intercambio catiónico a juzgar por el valor medio que es de 28,97  $\text{cmol}_+/kg$ , aunque muestra una alta diferencia entre el valor más elevado (44,48  $\text{cmol}_+/kg$ ) y el más bajo (17,96  $\text{cmol}_+/kg$ ). Es excepcional lo que sucede con el Mg de cambio, el cual presenta diferencias espectaculares entre el valor mínimo y el máximo pasando de 1,85 a 36,90  $\text{cmol}_+/kg$ . El complejo de cambio en general se presenta desaturado (valor medio cifrado en un 60 % y el mínimo en un 19 %) y saturado solo en algunas muestras tal como se deduce del grado de saturación (V con un valor máximo del 99%). La saturación del complejo adsorbente se debe esencialmente al alto contenido en Mg de cambio. Como se puede observar en la tabla 1 el Mg es el catión mayoritario, predominando claramente sobre el Ca (valor medio de 13,38  $\text{cmol}_+/kg$  de Mg frente a 4,37  $\text{cmol}_+/kg$  de Ca) dando como resultado una baja relación Ca/Mg, lo que coincide con los trabajos realizados por otros autores (LÓPEZ y GUITIÁN, 1981).

La relación Ca/Mg muestra una fuerte oscilación, estando comprendida entre 0,13 y 1,18; no obstante de todas las muestras analizadas únicamente el 1,88 % muestra una relación Ca/Mg ligeramente superior a 1, estando comprendida en el 35,8% de muestras entre 0,5 y 1 y en las restantes es inferior a 0,5 (Fig. 1). Este elevado contenido en Mg frente al de Ca puede ser atribuido a la abundancia del primero en la composición de la roca madre (LYON *et al.*, 1971; BERRE *et al.*, 1974; LÓPEZ y GUITIÁN, 1981). A pesar de que el Mg es un elemento que resulta indispensable para el crecimiento y desarrollo de las plantas, cantidades elevadas de Mg pueden ocasionar fenómenos de toxicidad en los suelos al disminuir el estado de floculación de los coloides y la asimila-

TABLA 1. Datos estadísticos de la textura y de las propiedades químicas generales del suelo (V = porcentaje de saturación; A.G. = arena gruesa; A.F. = arena fina; L.G. = limo grueso; L.F. = limo fino).

	<b>MEDIA</b>	<b>STD.</b>	<b>C.V. (%)</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÍNIMO</b>
<b>pH H<sub>2</sub>O</b>	5.69	0.35	6.18	6.53	5.00
<b>PH KCl</b>	4.83	0.36	7.38	5.60	4.16
<b>M.O. (%)</b>	10.34	2.27	21.95	14.99	4.20
<b>N (%)</b>	0.47	0.11	23.51	0.72	0.29
<b>K (mg/kg)</b>	90.33	50.97	56.42	301.00	31.00
<b>C.I.C. (cmol<sub>+</sub>/kg)</b>	28.88	6.68	23.14	44.48	17.96
<b>Na (cmol<sub>+</sub>/kg)</b>	0.33	0.13	39.57	0.61	0.11
<b>K (cmol<sub>+</sub>/kg)</b>	0.23	0.13	56.23	0.77	0.08
<b>Ca (cmol<sub>+</sub>/kg)</b>	4.37	1.45	33.20	9.21	1.58
<b>Mg (cmol<sub>+</sub>/kg)</b>	13.38	8.47	63.33	36.90	1.85
<b>Ca/Mg</b>	0.43	0.22	53.09	1.18	0.13
<b>V (%)</b>	60.75	19.57	32.00	99.34	19.86
<b>Arena (%)</b>	35.83	5.81	16.22	48.90	23.90
<b>A.G. (%)</b>	11.10	3.62	32.61	23.69	5.81
<b>A.F. (%)</b>	24.73	3.30	13.34	30.76	17.39
<b>Limo (%)</b>	37.64	3.91	10.40	44.50	28.20
<b>L.G. (%)</b>	15.00	2.87	19.13	30.63	10.80
<b>L.F. (%)</b>	22.65	3.71	16.37	30.15	11.16
<b>Arcilla (%)</b>	26.52	4.74	17.87	38.10	20.00

ción del calcio (PROCTOR y WOODSELL, 1971). De ahí, que la gran mayoría de los autores coincidan en atribuir la infertilidad de los suelos sobre serpentinas además de a el elevado contenido en oligoelementos tóxicos como Ni y Cr (CARBALLAS *et al.*, 1965; TABOADA *et al.*, 1997) también a la baja relación Ca/Mg (LYON *et al.*, 1971; LÓPEZ y GUITIÁN, 1981).

Por otra parte, se observa que la relación Ca/Mg es inversamente proporcional al pH. Cuando el pH en agua es mayor que 5,5 la mayor parte de las muestras tienden a presentar una relación inferior a 0,5 (Fig. 1). Esto pone en evidencia la variabilidad de la evolución del suelo a la escala estudiada, pudiendo admitirse que cuando el suelo está poco evolucionado el pH es más próximo a la neutralidad y la relación Ca/Mg es baja, pero conforme el perfil evoluciona el pH del horizonte superior disminuye y la relación Ca/Mg aumenta.

En relación a la capacidad nutritiva de este suelo se estudió el contenido en P y K asimilables, extraídos respectivamente con bicarbonato sódico y acetato amónico 1N a pH 7. La fracción de P soluble es muy escasa en todo él, pues de las 53 muestras analizadas solo en una se obtuvieron valores de 4 mg/Kg, que entran dentro de lo que puede considerarse un contenido normal, en dos de ellas se obtuvieron 3 mg/kg y en otras dos 2 mg/kg lo que significa que en cuatro puntos el contenido en P soluble es deficiente; en 18 muestras se alcanzó 1 mg/kg mientras que en las 30 restantes se obtuvieron valores inferiores a 1 mg/kg, lo que indica que en un total de 46 lugares el suelo es muy deficiente en P soluble. Además de ser deficiente en este elemento también lo es en K asimilable, a juzgar por su valor medio que es de 90,33 mg/kg. Ahora bien este elemento muestra

una amplísima gama de valores, que van desde 31 mg/kg del mínimo a 301 mg/kg del máximo, lo que significa que en esta parcela se encuentran zonas muy pobres y otras muy bien provistas. La escasez de P y K asimilables en este tipo de suelos se puso también de manifiesto en estudios anteriores (LÓPEZ y GUITIÁN, 1981).

Respecto a la granulometría la mayor parte de las muestras tomadas son de textura franca y franco arcillosa (USDA, 1975), pero en conjunto la parcela es bastante heterogénea, con porcentajes de arcilla que oscilan entre 20 y 38,1%, de limo entre 28,2 y 44,5 % y de arena entre 23,9 y 48,9 % .

Al examinar los coeficientes de variación (Tabla 1) se observa que todas las propiedades analizadas presentan una elevada variabilidad, excepto las fracciones granulométricas cuando se consideran solo tres fracciones; si en vez de tres se consideran cinco entonces la arena gruesa presenta un coeficiente de variación más elevado. Las propiedades químicas siguen de mayor a menor coeficiente de variación el siguiente orden: Mg > K > Ca/Mg > Na > Ca > V > N > CIC > M.O > pH (KCl) > pH (H<sub>2</sub>O). Los coeficientes de variación del Mg y K de cambio así como de la relación Ca/Mg son superiores al 50%; los del Na, Ca y V están comprendidos entre el 30 y 40% mientras que para CIC, N y M.O se sitúan alrededor del 20%. El pH es el que presenta el menor coeficiente de variación, pero su variabilidad es mayor de lo que indica este estadístico dado que el pH es un valor logarítmico.

Estos resultados nos indican que existe una amplia gama de valores de las propiedades estudiadas dentro de una hectárea de terreno, ya que de las 53 muestras analizadas sobre un área total de 4 hectáreas, la mayor parte se concentran en una hectárea. Am-

	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	M.O.	N	C.I.C	Na	K	Ca	Mg	Ca/Mg	V	Arena	Limo	Arcilla
pH H <sub>2</sub> O	1													
pH KCl	0.96 a	1												
M.O.	-	-	1											
N	-	0.28 b	0.91 a	1										
C.I.C.	0.39 a	0.47 a	0.76 a	0.88 a	1									
Na	-	-	-	0.30 b	0.45 a	1								
K	-	-	0.34 b	0.35 a	0.31 b	-	1							
Ca	-	-	0.67 a	0.73 a	0.74 a	-	-	1						
Mg	0.80 a	0.85 a	0.42 a	0.57 a	0.79 a	0.44 a	-	0.46 a	1					
Ca/Mg	-0.75 a	-0.79 a	-	-	-0.35 a	-	-	-	-0.72 a	1				
V	0.90 a	0.93 a	-	0.32 b	0.57 a	0.32 b	-	0.39 a	0.92 a	-0.80 a	1			
Arena	-	-0.34 b	-0.73 a	-0.72 a	-0.77 a	-	-0.37 a	-0.61 a	-0.58 a	-	-0.41 a	1		
Limo	-	-	0.29 b	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.59 a	1	
Arcilla	0.36 a	0.43 a	0.66 a	0.83 a	0.88 a	0.31 b	0.34 b	0.68 a	0.73 a	-	0.53 a	-0.75 a	-	1

TABLA 2. Matriz de correlación para las principales propiedades del suelo (-: no significativo; a: P < 0.01; b: P < 0.05)

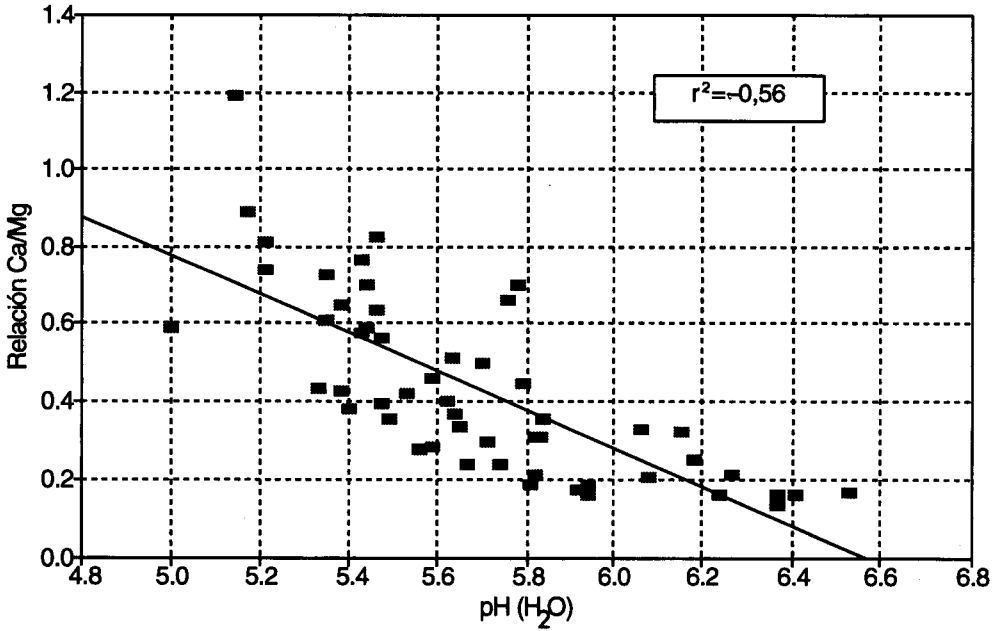


Fig. 1. Relación entre pH (H<sub>2</sub>O) y relación Ca/Mg

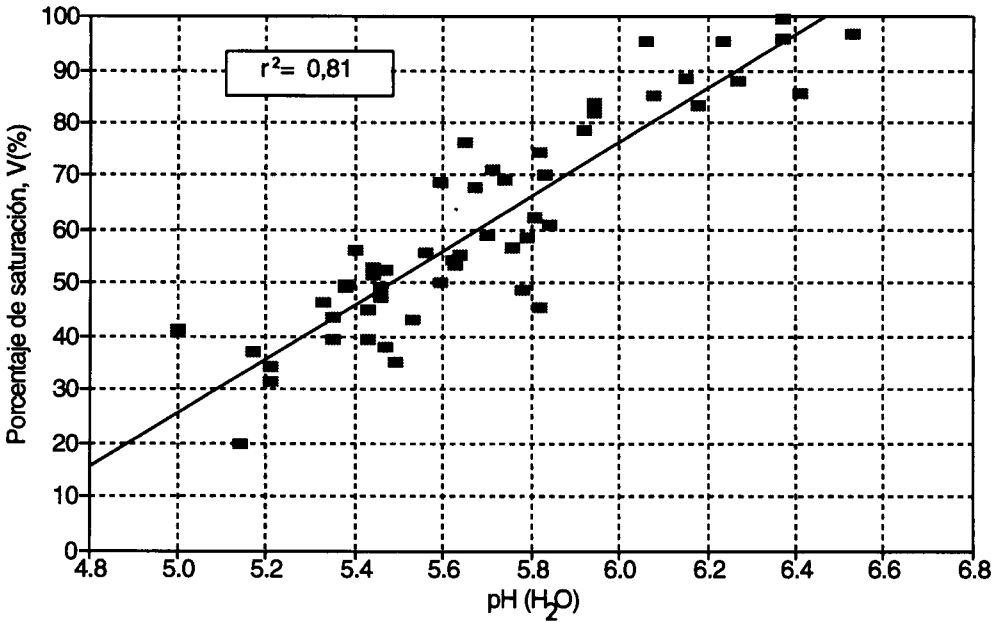


Fig. 2. Relación entre pH (H<sub>2</sub>O) y porcentaje de saturación (V)

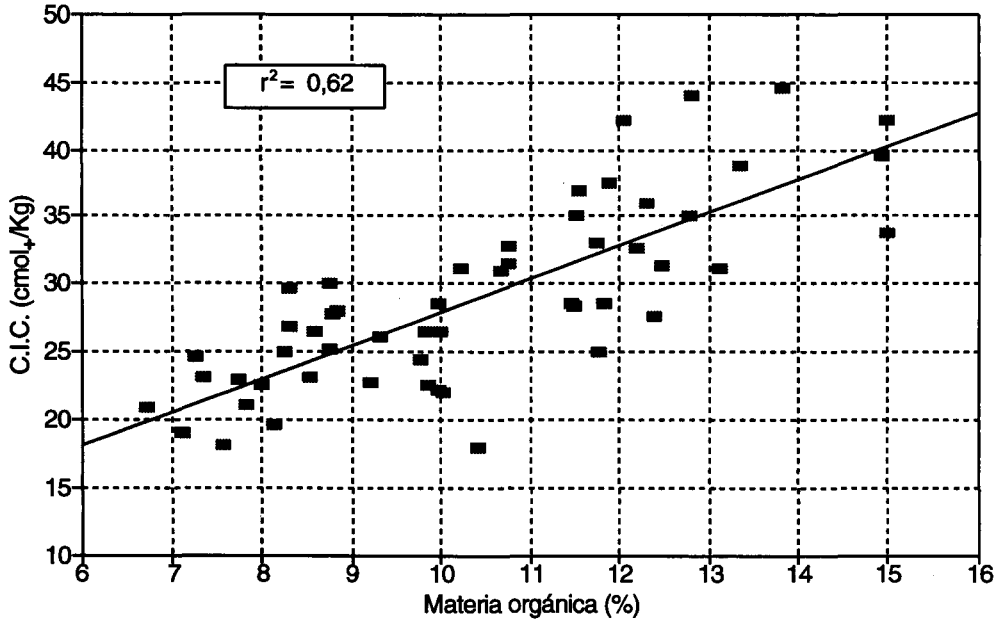


Fig. 3. Relación entre capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica

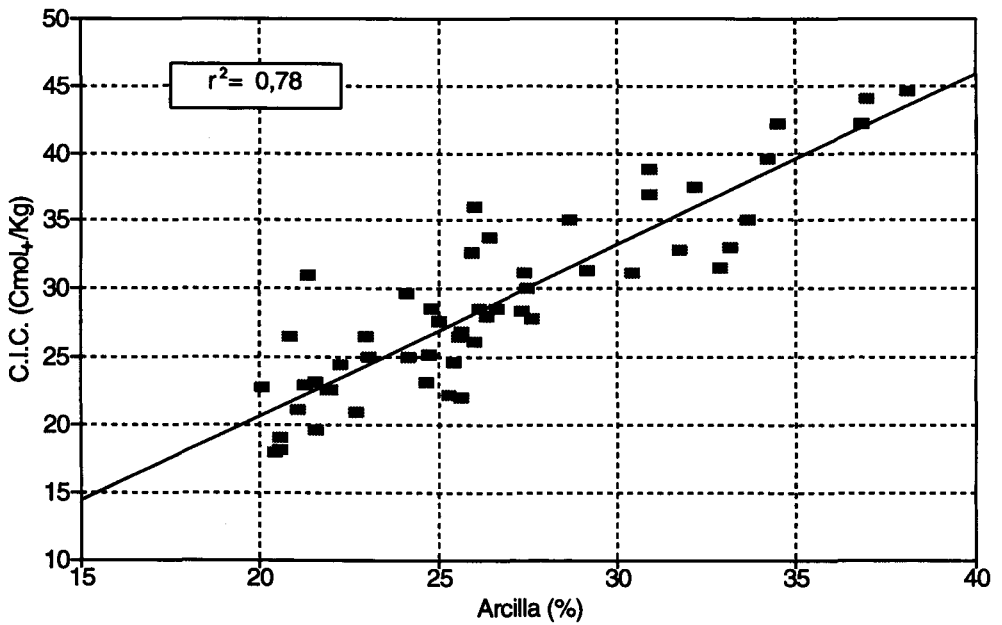


Fig. 4. Relación entre capacidad de intercambio catiónico y arcilla



plios intervalos de variación en las propiedades generales de suelos de monte se encontraron en otros trabajos (TABOADA *et al.*, 1996; PAZ *et al.*, 1997).

La matriz de correlación efectuada para las propiedades estudiadas se presenta en la tabla 2. Entre pH en agua y KCl se obtuvo muy buena correlación ( $r = 0,96$ ), así como entre pH con porcentaje de saturación, con la CIC y con el Mg de cambio, no existiendo sin embargo correlación con el Ca. A pesar de que pH y V muestran una correlación significativa, en la mayor parte del amplio rango de pH registrado la dispersión es muy importante (Fig. 2). Así cuando el pH en agua es inferior a 5,3 el grado de saturación es inferior al 45%; para pH comprendido entre 5,3 y 6, V oscila entre 35 y 85 % y a pH comprendido entre 6 y 6,53 V se encuentra entre 80 y 100%.

El pH muestra únicamente dependencia significativa de la arcilla, correlacionándose para un nivel de significación  $P < 0,01$ . El grado de saturación se correlaciona muy significativamente con el Mg ( $r = 0,92$ ) mientras que su correlación con el Ca es menor ( $r = 0,39$ ). La CIC muestra tanto con la materia orgánica como con la arcilla una correlación muy significativa (Fig. 3 y 4) siendo el coeficiente de

correlación  $r = 0,76$  y  $r = 0,88$  respectivamente; se correlaciona también con la arena aunque de forma negativa ( $r = - 0,77$ ).

## CONCLUSIONES

En el complejo de cambio predomina el Mg frente al Ca, siendo la relación Ca/Mg por lo general inferior a 1. Desde el punto de vista de la fertilidad, este suelo es muy deficiente en fósforo y potasio asimilables.

Todos los parámetros analizados muestran una importante variabilidad estadística, sobre todo, si se tiene en cuenta que la mayor parte de las muestras se tomaron sobre una superficie de una hectárea.

En general existe una alta interrelación entre las diferentes propiedades estudiadas, destacando por su correlación altamente significativa la existente entre arcilla, materia orgánica, CIC, Ca y Mg de cambio. También el pH presenta buena correlación con el grado de saturación y con el Mg de cambio, sin embargo entre pH y relación Ca/Mg se obtuvo una correlación negativa.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Xunta de Galicia (XUGA 27101B91).

## BIBLIOGRAFÍA

- BERRE, A., DUCLOUX, J. y DUPUIS, J. (1974). Pédogénese sur roches ultrabasiqnes en climat tempéré humide: les sols sur serpentines du Limousin occidental. *Science du Sol*, nº 3: 145-147.
- CARBALLAS, T., MUÑOZ TABOADELA, M. y GUITIÁN OJEA, F. (1965). Níquel en los suelos de la provincia de A Coruña. *An. Edaf. Agrob.* 24: 267-293.
- FAO. (1977). Guía para la descripción de perfiles de suelos. Roma. 70 pp.
- GUITIÁN OJEA, F. y CARBALLAS, T. (1976). Técnicas de análisis de suelos. *Ed. Pico Sacro*. Santiago de Compostela, 288 pp.
- GUITIÁN OJEA, F. y LÓPEZ LÓPEZ, M. I. (1980). Suelos de la zona húmeda. X. Suelos sobre serpentinas. 1. Morfología y características generales. *Anal. Edafol. Agrobiol.*, nº 3-4: 403-415.
- LYON, G. L., PETERSON., P. J., BROOKS, R. R. y BUTLER, G. W. (1971). Calcium magnesium and trace elements in a New Zealand serpentina flora. *J. Ecol.* 59: 421-429.
- LÓPEZ LÓPEZ, M. I. y GUITIÁN OJEA, F. (1981). Suelos de la zona húmeda. X. Suelos sobre serpentinas. 2. Oligoelementos y relación Ca/Mg en suelos y vegetación. *Anal. Edafol. Agrobiol.*, nº 1: 1-10.
- LÓPEZ, M. I., MACÍAS, F., GARCÍA, C., y GUITIÁN, F. (1985). Suelos de la zona húmeda española. X. Suelos sobre serpentinas. 3. Mineralogía. *Anal. Edafol. Agrobiol.*, nº 1: 1055-1075.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca, y Alimentación). (1995). Métodos oficiales de análisis. Tomo III. Métodos oficiales de análisis de suelos y aguas para riego. Madrid, págs. 205-285.
- PAZ, A., TABOADA, M. T., y GÓMEZ, M. J. (1997). Propiedades generales de un suelo de monte sobre serpentinas: Datos medios y variabilidad. *Actas del I Congreso Forestal Hispano Luso / II Congreso Forestal Español*. Pamplona. Tomo II: 485-489.
- PROCTOR, J., WOODSELL, S. R. J. (1971). The plant ecology of serpentine. *J. Ecol.* 59: 375-410
- TABOADA, M. T., GÓMEZ, M. J. y PAZ, A. (1997). Extractabilidad de metales pesados en un suelo de monte sobre serpentinas. *Actas del I Congreso Forestal Hispano Luso / II Congreso Forestal Español*. Pamplona. Tomo II: 629-633.
- TABOADA, M. T., GONZÁLEZ, M. A. y PAZ, A. (1996). Efecto del cultivo convencional sobre la diversidad de las propiedades del suelo. *Real Sociedad Española de Historia Natural*. Tomo extraordinario, 451-454.
- USDA (1975). *Soil Taxonomy. Soil Conservation Service. Handbook 436*. Whashington. 754. pp.

Recibido: 3/IX/97

Aceptado: 15/11/97