

Nota técnica**La clasificación uruguaya de suelos del 2007 cambia las inferencias de propiedades de Vertisoles y Brunosoles**Beretta, Andrés¹

¹*Departamento de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Garzón 780, 12900 Montevideo, Uruguay. Correo electrónico: andbere@yahoo.com*

Recibido: 22/12/12 Aceptado: 25/10/13

Resumen

La clasificación de suelos de Altamirano *et al.* (1976a) ubica el límite de contenido de arcilla de los Vertisoles en 35 %. Durán y García Préchac (2007) proponen disminuir este límite a 30 % en todo el solum, para acercar la clasificación nacional a la tendencia internacional. Con el objetivo de evaluar este cambio sobre las características asociadas a los Vertisoles, utilicé los datos de análisis de los suelos modales de las unidades de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay, de unidades cartográficas que poseían conjuntamente los Grandes Grupos Brunosoles y Vertisoles. Comparé los cambios generados en los porcentajes promedio de: arena, limo y arcilla; Ca, Na, Mg, K, Bases totales; CIC a pH=7; saturación en bases; porcentaje de la CIC_{pH7} representada por el Ca; y estimación del tipo de arcilla. En la clasificación 2007 se pierde especificidad en la naturaleza de los horizontes B, lo que podría repercutir negativamente en el entendimiento de su comportamiento físico. Desde el punto de vista productivo, sin embargo, permite diferenciar un mayor número de variables, sobre todo en el horizonte A. Con estas variables podría inferirse la mayor fertilidad natural de los Vertisoles. La clasificación 2007 presentó una capacidad de inferencia superior para determinar el Gran Grupo de suelo esperable, en base a un conjunto de análisis de variables cuantificables. Este aspecto introduce mayor objetividad, practicidad y confiabilidad a la nueva clasificación de suelos.

Palabras clave: Durán 2007, suelos melánicos

Summary**The 2007 Uruguayan Soil Classification Changes the Inference of Vertisols and Brunosols Properties**

Altamirano *et al.* (1976a) soil classification sets the clay content limit for Vertisols at 35 %. Durán and García Préchac (2007) propose to reduce this to 30 % in the entire solum, in order to bring the national classification closer to the international tendency. To evaluate the effect of this change on the characteristics associated to Vertisols, I used modal soil analysis data of the map units of 'Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay' that included both the Great Groups 'Brunosols' and 'Vertisols'. I compared the changes in Great Group mean percentages of: sand, silt and clay; Ca, Na, Mg, K and total bases; CEC at pH=7, base saturation, percentage of CEC_{pH7} represented by Ca; and the type of clay estimated. With the 2007 classification, there would be less specificity in the nature of the B horizons, which could negatively affect the understanding of their physical behavior. However, from the point of view of production, it would allow to differentiate a greater number of variables, especially in the A horizon. With these variables the superior natural fertility of Vertisols could be inferred. Soil classification 2007 presented a higher inference capacity to determine the Great Group expected from a set of quantifiable analysis variables. This aspect introduces greater objectivity, practicality and reliability to the new soil classification.

Keywords: Durán 2007, melanic soils

Introducción

Una clasificación debe agrupar bajo un mismo nombre suelos que posean características similares y a la vez diferentes de otros suelos agrupados bajo otro nombre. En la clasificación del año 1976 (clasificación 1976) se consideraba al Gran Grupo Brunosoles como suelos con horizonte *A* melánico y contenido de arcilla menor a 35 % en alguno de sus horizontes (Altamirano *et al.*, 1976a). El Gran Grupo Vertisoles, por el contrario, comprendía suelos con horizonte *A* melánico, pero con un contenido de arcilla superior a 35 % en todo el solum, más de 50 cm de profundidad y con características de autogranulado, microrrelieve o agrietamiento evidente. Se los podía asociar a suelos de alto contenido de arcillas expansivas, alta capacidad de intercambio catiónico, alto contenido de Ca que representa más de 80 % de las bases totales (Altamirano *et al.*, 1976a) y como los suelos minerales de mayor contenido de materia orgánica (MO) del país (Durán y García Préchac, 2007).

En el año 2007 (clasificación 2007) Durán y García Préchac (2007) propuso disminuir el límite de contenido de arcilla en los Vertisoles de 35 % a 30 % en todo el solum, con el objetivo de acercarse a la tendencia internacional. Este cambio impondría, en caso de utilizarse esta clasificación, que algunos suelos que fueron clasificados como Brunosoles en el año 1976 serían clasificados como Vertisoles. El objetivo fue evaluar este cambio de clasificación de los suelos melánicos sobre las características asociadas a los Vertisoles.

Materiales y métodos

Utilicé los datos de análisis de los suelos modales dominantes de las unidades de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay (Altamirano *et al.*, 1976b, 1976c) de unidades cartográficas que poseían conjuntamente Brunosoles y Vertisoles (MAP, 1976) (Cuadro 1). Al estar ambos grupos en una misma unidad de mapeo se disminuyeron las posibilidades de que ambos suelos procediesen de materiales parentales distintos. Este criterio comprendió 24 unidades cartográficas, que totalizaron 31 Brunosoles y 17 Vertisoles al utilizar la clasificación 1976, lo cual cambió 18 Brunosoles y 30 Vertisoles al utilizar la clasificación 2007. Para uniformizar la información se simplificó la denominación de horizontes, todos los subhorizontes *A* se indicaron como un único horizonte, al igual que para los horizontes *B* y *C*.

Entre ambos Grandes Grupos de suelos melánicos comparé las siguientes variables: porcentajes de arena (*A_r*), limo (*L*) y arcilla (*A_c*); contenidos de MO, Ca, Na, Mg, K, Bases totales (BT); CIC a pH=7 (CIC₇); Saturación en Bases (SB); porcentaje de la CIC_{pH7}, representada por el Ca (%Ca/CIC_{pH7}); y tipo de arcilla (estimada a partir de la CIC de la arcilla). Para determinar el tipo de arcilla consideré que un valor de CIC_{Ac} menor a 50 meq kg⁻¹ arcilla correspondía a illita, para CIC entre 50 y 80 meq kg⁻¹ arcilla consideré una mezcla de illita y montmorillonita, para valores de CIC mayores a 80 meq kg⁻¹ consideré

Cuadro 1. Unidades de la carta de suelos del Uruguay, a escala 1:1.000.000, de las que se utilizó la información de los suelos modales.

Unidades			
Alferez	Ecilda Paullier	Libertad	Rincón de la Urbanan
Baygorria	Fraile Muerto	Los Mimbres	Risso
Bequeló	Isla Mala	Montecorla	Tala Rodríguez
Blanquillo	Itapebí	Palleros	Trinidad
Carpintería	José Pedro Varela	Paso Palmar	Young
Cuchilla del Corralito	Lechiguana	Puntas de Herrera	

que las arcillas eran totalmente montmorillonita. A la illita le adjudiqué el valor 1, a la mezcla el valor 2 y a la montmorillonita el valor 3. Consideré un valor de CIC de la MO de $200 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, similar al de $202 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ estimado por Durán y García Préchac (2007).

Las variables de interés se compararon mediante test de Tukey ($\alpha=0,10$) para cada horizonte. Utilicé como covariable la Unidad de Mapeo para disminuir la influencia del material parental de los suelos. La capacidad de discriminación de cada clasificación, la evalué a través de la matriz de confusión de los árboles de regresión-clasificación obtenidos a partir de las variables evaluadas, para identificar los suelos según cada clasificación. En esta matriz de confusión asumí como acierto el total de porcentajes de verdaderos positivos, o sea, el total de Brunosoles y Vertisoles debidamente identificados a partir de la clasificación generada por el árbol de regresión-clasificación. El árbol de clasificación se desarrolló por el método de C&RT estimado por Gini, con una profundidad máxima del árbol de 5. Para estos análisis utilicé el complemento XLSTAT del software Excel (Addinsoft, New York, USA) en su versión de prueba.

Resultados y discusión

La clasificación 2007 provocó un descenso en el contenido de A_c de los horizontes *A* de los Brunosoles, pero no afectó significativamente la granulometría en el caso de los Vertisoles, respecto a la clasificación 1976. Dada la clasificación 2007 hubo diferencias entre ambos grandes grupos de suelo, en el contenido de *L* en horizonte *A*, contenidos de *Ar* y A_c en el horizonte *B* y de las fracciones *Ar* y *L* en el horizonte *C* (Cuadro 2). Pese a estas diferencias no habría cambios en la clase textural de los horizontes *A*.

En el cambio de clasificación no hubo diferencias en la composición del tipo de arcilla de los horizontes *B* de ambos grandes grupos (Cuadro 2). En la clasificación 1976 los Vertisoles poseían un contenido mayor de montmorillonita en el horizonte *B* que los Brunosoles. La abundancia de arcillas expansivas es una característica distintiva de los Vertisoles según FAO (2007). Durán *et al.* (2006) consideran que los vertisoles deben poseer características de auto-granulado y agrietamiento, lo cual se podría adjudicar a la presencia de arcillas expansivas. Es evidente que los Vertisoles tienen un alto componente de montmorillonita según la bibliografía nacional existente al respecto (Durán y García Préchac, 2007), existen sin embargo, vertisoles hi-

dromórficos con abundantes illitas en las planicies del Río de la Plata como los estudiados por Imbellone y Mormeneo (2001). Con la clasificación 2007 hubo un descenso de la CIC_{Ac} de los horizontes *B* de los Vertisoles. Los horizontes *B* de los Vertisoles y Brunosoles que pudieran haberse formado de materiales geológicos similares no se podrían diferenciar en cuanto al tipo de arcilla que los componen si se utilizara la CIC_{Ac} como criterio. Según Gisbert *et al.* (2011), no se puede considerar que un suelo con alto contenido de arcillas expansivas no sea un Vertisol. En ambas clasificaciones se podría asumir que ambos grandes grupos de suelos están constituidos por una mezcla de arcillas illita y montmorillonita.

En Uruguay se considera a los Vertisoles como los suelos minerales de mayor contenido de MO y capacidad de intercambio catiónico (Durán y García Préchac, 2007). Presunción verdadera al comparar (datos no mostrados) los Vertisoles con el promedio de todos los suelos incluidos en los Brunosoles de la carta de suelos 1:1.000.000. Al considerar solo a los Brunosoles cartografiados en las mismas unidades cartográficas que los Vertisoles (MAP, 1976), con la clasificación 1976 no hubo diferencias en los contenidos de MO entre ambos grandes grupos. La clasificación 2007 provocó un descenso del contenido de MO del horizonte *B* de los Brunosoles analizados, que es trasladado al Gran Grupo Vertisoles (Cuadro 2). Por el cambio a la clasificación 2007 los Vertisoles promediaron mayor contenido de MO en los horizontes *A* y *B* que los Brunosoles. En la clasificación 1976 o en la clasificación 2007, los Vertisoles tuvieron mayores contenidos de *BT* que los Brunosoles en todos los horizontes. La reclasificación descendió los valores promedio de las *BT* y CIC_7 de los horizontes *A* y *B* de los Brunosoles evaluados, lo cual acentuó las diferencias con los Vertisoles. El descenso de las *BT* se debió fundamentalmente a los descensos en los contenidos de *Ca* y *K* que promediaron estos Brunosoles.

Con la clasificación 2007 no hubo una mayor proporción de Ca/CIC_7 en el horizonte *C* de los Vertisoles respecto a estos Brunosoles. Esta variable no es importante en cuanto a la fertilidad del suelo o como variable taxonómica, pero a los Vertisoles se los considera, sin embargo, suelos con un alto porcentaje de *Ca*, el cual tendría un rol importante en la génesis de estos suelos (Altamirano *et al.*, 1976a; Nordt *et al.*, 2004)

Con la clasificación 2007, a partir de las variables analizadas, aumentó el porcentaje de diagnósticos correctos de Vertisoles y descendió el de los Brunosoles (Cuadro 3). Este descenso se debió al descenso de diagnósticos correctos de los horizontes *B* de los Brunosoles. Hubo una

Cuadro 2. Comparación entre valores promedios de diferentes variables analizadas, para cada horizonte, entre Brunosoles y Vertisoles según la clasificación utilizada sea la del año 1976 o la del año 2007.

Hor.	Suelo	Ar†	L	Ac	CIC _{Ac}	Tipo		Ca	Mg	Na	K	BT	CIC7	SAT7	Ca/CIC7
						arcilla	MO								
		— % —	— % —	cmol _c kg ⁻¹		— % —	cmol _c 100 g ⁻¹		— % —						
Clasificación 1976															
A	Brunosol	37 Aa‡	34 Aa	29 Ba	49 Ba	1,38 Ba	4,1 Aa	15,5 Ba	3,2 Ba	0,4 Ba	0,7 Aa	18 Ba	23 Ba	84 Ba	65 Ba
A	Vertisol	23 Ba	33 Aa	44 Aa	66 Aa	2,10 Aa	4,6 Aa	29,6 Aa	4,8 Aa	0,6 Aa	0,8 Aa	36 Aa	39 Aa	92 Aa	76 Aa
Clasificación 2007															
A	Brunosol	44 Aa	30 Ba	26 Bb	46 Ba	1,32 Ba	3,5 Ba	12,3 Bb	2,9 Ba	0,3 Ba	0,5 Bb	16 Bb	19 Bb	81 Ba	62 Ba
A	Vertisol	24 Ba	34 Aa	42 Aa	63 Aa	1,95 Aa	4,7 Aa	27,4 Aa	4,5 Aa	0,6 Aa	0,9 Aa	33 Aa	36Aa	91 Aa	74 Aa
Clasificación 1976															
B	Brunosol	28 Aa	27 Aa	45 Aa	64 Ba	2,01 Ba	1,6 Aa	22,5 Ba	5,6 Ba	0,9 Ba	0,6 Aa	30 Ba	32 Ba	94 Ba	71 Aa
B	Vertisol	25 Aa	27 Aa	48 Aa	71 Aa	2,15 Aa	1,5 Ab	26,0 Aa	7,9 Aa	1,5 Aa	0,6 Ab	36 Aa	36 Aa	99 Aa	72 Aa
Clasificación 2007															
B	Brunosol	33 Ab	27Aa	40 Bb	65 Aa	2,04 Aa	1,1 Bb	19,9 Bb	5,1 Ba	0,9 Aa	0,5 Bb	26 Bb	28 Bb	93 Ba	70 Aa
B	Vertisol	21 Ba	29 Aa	50 Aa	66 Ab	2,04 Aa	2 Aa	26,1 Aa	7,0 Aa	1,1 Aa	0,7 Aa	35 Aa	37 Aa	96 Ab	71 Aa
Clasificación 1976															
C	Brunosol	29 Aa	31 Aa	40 Ba	76 Aa	2,19 Aa	0,4 Ba	20,9 Ba	6,5 Aa	1,2 Aa	0,6 Aa	29 Ba	29 Ba	99 Ba	70 Ba
C	Vertisol	23 Aa	32 Aa	45 Aa	84 Aa	2,27 Aa	0,7 Aa	28,4 Aa	6,4 Aa	1,4 Aa	0,6 Aa	37 Aa	37 Aa	100 Aa	77 Aa
Clasificación 2007															
C	Brunosol	41 Ab	25 Ba	34 Bb	77 Aa	2,18 Aa	0,2 Ba	18,4 Ba	5,3 Ba	1,1 Aa	0,5 Aa	25 Ba	25 Ba	99 Aa	71 Aa
C	Vertisol	20 Ba	34 Aa	46 Aa	82 Aa	2,25 Aa	0,7Aa	27,1 Aa	6,9 Aa	1,3 Aa	0,6 Aa	36 Aa	36 Aa	100 Aa	74 Aa

†Ar: arena, L: limo; Ac: arcilla; CIC_{Ac}: capacidad de intercambio catiónico de la fracción arcilla; Tipo de arcilla: 1- illita, 2- mezcla illita y montmorillonita, 3- montmorillonita; MO: materia orgánica; BT: suma de bases totales; CIC7: capacidad de intercambio catiónico medido a pH7; SAT7: contenido de BT/CIC7 expresado en porcentaje; Ca/CIC7: contenido de Ca/CIC7 expresado en porcentaje. ‡Las letras diferentes significan diferencias significativas por test de Tukey con p<0,10; las letras en mayúscula representan la comparación entre Gran Grupo para un mismo horizonte dentro de una clasificación; las letras minúsculas representan la comparación entre sistemas de clasificación para un mismo suelo y un mismo horizonte.

Cuadro 3. Matriz de confusión de árboles de regresión-clasificación, de cada horizonte o general, para identificar Brunosoles o Vertisoles (variables y) según la clasificación 1976 o 2007, a partir de las variables de suelo aquí analizadas (variables x).

Horizonte	Clasificación	Brunosol-Brunosol	Vertisol-Vertisol	Diagnósticos correctos
				%
A	1976	82	100	91
	2007	97	90	92
B	1976	96	65	89
	2007	75	100	88
C	1976	69	85	77
	2007	93	84	87
GENERAL	1976	88	77	84
	2007	85	91	89

Cuadro 4. Estructura del árbol de clasificación-regresión para los horizontes *A* de los Brunosoles o Vertisoles según los criterios de clasificación (1976 o 2007).

Clasificación 1976				Clasificación 2007					
Nodo	Nodo padre	variable	Valores	GG	Nodo	Nodo padre	variable	Valores	GG
1					1				
2	1	BT	7,5 a 27,6	B 81 %	2	1	Ca	4,9 a 20,7	B 65 %
3	1	BT	27,6 a 61,7	V 85%	3	1	Ca	20,7 a 50,1	V 100%
4	2	Ac	18 a 35	B 88	4	2	CIC7	10,4 a 19,9	B 100%
5	2	Ac	35 a 46	V 56%	5	2	CIC7	19,9 a 38,3	V 55%
6	4	SAT7	55,0 a 86,3	B 100%	6	5	Ac	25 a 35	B 57%
7	4	SAT7	86,3 a 98,0	B 69%	7	5	Ac	35 a 54	V 86 %
8	7	L	12 a 29	V 56%	8	6	Na	0,1 a 0,7	B 65%
9	7	L	29 a 45	B 100%	9	6	Na	0,7 a 2,2	V 100%
10	8	L	12 a 15	B 100%					
11	8	L	15 a 29	V 71%					
12	5	L	22 a 34	V 100 %					
13	5	L	34 a 53	B 67%					
14	13	Ca	10,1 a 12,4	V 100 %					
15	13	Ca	12,4 a 21,6	B 100 %					

† L: limo; Ac: arcilla; BT: suma de bases totales; CIC7: capacidad de intercambio catiónico medido a pH7; SAT7: contenido de BT/CIC7 expresado en porcentaje.

menor asociación entre estos Brunosoles y las variables analizadas.

Con la clasificación 2007 se puede asociar un horizonte *A* como perteneciente a un Brunosol o Vertisol a partir de un número menor de variables que en la clasificación 1976 y con igual porcentaje de acierto (Cuadro 3). Con la clasificación 2007 no se perdería capacidad de inferencia en cuanto al comportamiento de los horizontes *A* de ambos grandes grupos, ya que implicó variables de textura y fertilidad natural. El contenido de MO no fue un criterio de separación entre los dos grandes grupos de suelos al utilizar el análisis por clasificación-regresión. La CIC7 (constituida en parte por el aporte de la MO) fue una variable de separación y es un indicador conceptual acerca de la fertilidad natural de un suelo. Los Vertisoles entraron en el 'nodo 5' del árbol de regresión-clasificación, que corresponde a los horizontes *A* que poseen mayor CIC7 (Cuadro 4).

En el horizonte *B* los criterios de la clasificación 2007 disminuyeron el número de variables asociadas a estos grandes grupos (Cuadro 5). Esto se de-

bió, probablemente, a la variabilidad que presentaron los Brunosoles, ya que en estos el porcentaje de acierto descendió al pasar de la clasificación 1976 a la clasificación 2007 (Cuadro 3). Los horizontes *B* de textura con «bajos» contenidos de Ar y «altos» valores de CIC7, K, MO y SAT7, tuvieron mayores probabilidades de pertenecer a Vertisoles. Lo que reflejaría la mayor fertilidad natural de estos. Salvo por la textura, estas variables no son criterios taxonómicos para la diferenciación entre estos dos grandes grupos.

Con la clasificación 2007 el número de variables que discriminaron los horizontes *C* de los Brunosoles y Vertisoles aumentó respecto a la clasificación 1976 (Cuadro 6). Este cambio permitió aumentar la probabilidad de acierto al relacionar las variables con el horizonte *C* de un Brunosol en un 24 % y disminuyó la probabilidad de acierto en solamente 1 % en el caso de los Vertisoles (Cuadro 3). En términos generales el porcentaje de acierto se incrementó 5 %.

En la clasificación 2007, serían menos evidentes las diferencias entre los horizontes *B* de los Bruno-

Cuadro 5. Estructura del árbol de clasificación –regresión para los horizontes B de los Brunosoles o Vertisoles según los criterios de clasificación (1976 ó 2007).

Clasificación 1976					Clasificación 2007				
Nodo	Nodo padre	variable	Valores	GG	Nodo	Nodo padre	variable	Valores	GG
1					1				
2	1	BT	11,2 a 32,7	B 91%	2	1	CIC7	12,3 a 31,3	B 77%
3	1	BT	32,7 a 53,4	B 58%	3	1	CIC7	31,3 a 57,1	V 79%
4	2	SAT7	68 a 97,2	B 98%	4	2	K	0,2 a 1,45	B 80%
5	2	SAT7	97,2 a 100	B 78%	5	2	K	1,45 a 2,6	V 100%
6	4	Ac	17 a 54	B 100%	6	4	MO	0,1 a 2,45	B 85%
7	4	Ac	54 a 60	B 75%	7	4	MO	2,45 a 4,4	V 60%
8	7	MO	1,6 a 2,05	B 100%	8	6	SAT7	80,5 a 97,2	B 100%
9	7	MO	2,05 a 3,4	B 50%	9	6	SAT7	97,2 a 100	B 65%
10	5	Ar	5 a 34	B 100%	10	9	MO	0,1 a 0,75	B 100%
11	5	Ar	34 a 59	V 56%	11	9	MO	0,75 a 2,45	V 55%
12	11	MO	0,26 a 0,66	B 100%	12	7	Ar	5 a 17	V 100%
13	11	MO	0,66 a 1,83	V 83%	13	7	Ar	17 a 41	B 100%
14	3	Ca/CIC7	49 a 83	V 55%	14	3	Ar	2 a 41	V 87%
15	3	Ca/CIC7	83 a 95	B 91%	15	3	Ar	41 a 57	B 100%
16	14	Na	0,3 a 2	B 55%					
17	14	Na	2 a 5,7	V 86%					
18	16	K	0,10 a 0,75	B 65%					
19	16	K	0,75 a 1,20	V 80%					
20	18	Ca/CIC7	49 a 74	B 86%					
21	18	Ca/CIC7	74 a 83	B 50%					
22	15	Na	0,4 a 0,9	B 100%					
23	15	Na	0,9 a 1,5	B 50%					

† Ar: arena; MO: materia orgánica; BT: suma de bases totales; CIC7: capacidad de intercambio catiónico medido a pH7; SAT7: contenido de BT/CIC7 expresado en porcentaje; Ca/CIC7: contenido de Ca/CIC7 expresado en porcentaje

soles y Vertisoles, lo que podría repercutir negativamente en el entendimiento de su comportamiento físico. Se pierde, además, la capacidad de diferenciar la relación Ca/CIC7 de ambos grandes grupos a nivel del horizonte C, lo cual podría disminuir el entendimiento de la génesis de estos suelos. Desde el punto de vista productivo, sin embargo, permitiría diferenciar un mayor número de variables, sobre todo en el horizonte A. Con estas variables podría inferirse la mayor fertilidad natural de los Vertisoles.

La mayor capacidad de inferencia del Gran Grupo de suelo esperable, verdaderos positivos, según un conjunto de análisis de variables cuantificadas que no están directamente ligadas a la clasificación, introduce mayor objetividad, practicidad y/o confiabilidad a la clasificación 2007. El mayor aporte del cambio del contenido de Ac requerida para identificar a un suelo como Vertisol, radicaría en el aumento de acierto que puede tenerse al diagnosticar un Vertisol a partir de las variables aquí analizadas.

Cuadro 6. Estructura del árbol de clasificación –regresión para los horizontes C de los Brunosoles o Vertisoles según los criterios de clasificación (1976 ó 2007).

Clasificación 1976					Clasificación 2007				
Nodo	odo pad	variable	Valores	GG	Nodo	odo pad	variable	Valores	GG
1					1				
2	1	Ca	7,4 a 23,8	B 76%	2	1	BT	10 a 27,5	B 71%
3	1	Ca	23,8 a 50,6	V 74%	3	1	BT	27,5 a 61,3	V 87%
4	2	Na	0,2 a 3,9	B 82%	4	2	Ac	15 a 37	B 100%
5	2	Na	3,9 a 5,1	V 67%	5	2	Ac	37 a 50	B 50%
6	4	Ac	15 a 37	B 100%	6	5	Ar	10 a 20	V 75%
7	4	Ac	37 a 54	B 75%	7	5	Ar	20 a 37	B 75%
					8	3	Ar	1 a 47	V 89%
					9	3	Ar	47 a 58	B 50%
					10	8	MO	0 a 0,42	V 75%
					11	8	MO	0,42 a 2,02	V 96%
					12	10	Na	0,2 a 1,6	B 50%
					13	10	Na	1,6 a 5	V 88%
					14	13	Ca	13,3 a 15,4	B 50%
					15	13	Ca	15,4 a 29,3	V 100%
					16	11	CIC _{Ac}	57,5 a 95,6	V 100%
					17	11	CIC _{Ac}	95,6 a 159	V 80%
					18	17	Ar	1 a 18	B 50%
					19	17	Ar	18 a 47	V 100%

† Ar: arena; Ac: arcilla; CIC_{Ac}: capacidad de intercambio catiónico de la fracción arcilla; MO: materia orgánica; BT: suma de bases totales.

Agradecimientos

A Álvaro Califra por el aporte de información analítica de los perfiles modales de los suelos utilizados, a Mario Pérez por sus aportes a la redacción del trabajo. A Gabriella Jorge por el trabajo de traducción y confección del resumen y summary.

Bibliografía

- Altamirano A, Da Silva H, Durán A, Echevarría A, Panario D, Puentes R. 1976a. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Tomo I: Clasificación de suelos. Montevideo: Ministerio de Agricultura y Pesca. 97p.
- Altamirano A, Da Silva H, Durán A, Echevarría A, Panario D, Puentes R. 1976b. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay: Tomo III Apéndice- parte I: Descripciones, datos físicos y químicos de los suelos dominantes. Montevideo: Ministerio de Agricultura y Pesca, Dirección de Suelos y Fertilizantes.
- Altamirano A, Da Silva H, Durán A, Echevarría A, Panario D, Puentes R. 1976c. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay: Tomo III Apéndice- parte 2: Descripciones, datos físicos y químicos de los suelos dominantes. Montevideo: Ministerio de Agricultura y Pesca, Dirección de Suelos y Fertilizantes.
- Durán A, Califra A, Molfino JH, Lynn W. 2006. Keys to Soil Taxonomy for Uruguay. Washington: USDA. Natural Resources Conservation Service. 77p.
- Durán A, García Préchac F. 2007. Suelos del Uruguay. Origen, clasificación, manejo y conservación. Volumen 1. Montevideo: Editorial Hemisferio Sur. 358p.
- FAO. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo: Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. Roma: FAO. 117 p. (Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos; 103).
- Gisbert J M, Ibáñez S, Moreno H. 2011. Vertisoles. [En línea]. Valencia: Universitat Politècnica de València. 6p. Consultado el 26 setiembre 2012. Disponible en: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12869/Vertisoles.pdf?sequence=3>

Imbellone P, Mormeneo L. 2011. Vertisoles hidromórficos de la planicie costera del Río de La Plata, Argentina [En línea]. *Ciencia del suelo*, 29(2): 107-127 . Consultado 21 diciembre 2012. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672011000200001&script=sci_arttext.

MAP. 1976. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000. Montevideo: Ministerio de Agricultura y Pesca.

Nordt LC, Wildingb LP, Lynnc WC and Crawforda CC. 2004. Vertisol genesis in a humid climate of the coastal plain of Texas, U.S.A. *Geoderma*, 122(1): 83 -102.