

EFFECTOS DE LA EROSION EOLICA SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DE SUELOS DE LA REGION SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

Daniel E. Buschiazzo ⁽¹⁾ y Viviana Taylor ⁽²⁾

⁽¹⁾ INTA Anguil y Laboratorio de Suelos, Facultad de Agronomía, UNLPam, CC 300, 6.300 Santa Rosa.

⁽²⁾ CONICET y Laboratorio de Suelos, Facultad de Agronomía, UNLPam, CC 300, 6.300 Santa Rosa.

RESUMEN

Se estudiaron algunas características morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas de pedones débil y fuertemente erosionados de dos Haplustoles énticos de planicie, texturalmente diferentes (franco arenoso y arenoso franco) de la región semiárida pampeana.

Se planteó la hipótesis de que uno de los parámetros edáficos que rige la magnitud del proceso erosivo es la textura del material parental, teniendo en cuenta la correlación positiva que en estos suelos existe entre los contenidos de materia orgánica y la proporción de limo y arcilla.

Sólo los espesores de los horizontes A, entre las características morfológicas, fueron alterados por la erosión en forma evidente y en similares magnitudes en ambos suelos.

Las fracciones limo y arcilla fueron erosionadas por el viento en el suelo arenoso franco, mientras que el limo y la arena fina lo fueron en el franco arenoso. Estudios más detallados deberán confirmar si estas tendencias obedecen a la existencia de agregados de arcilla de diferentes tamaños en cada suelo.

El horizonte superior del suelo arenoso franco presentó mayores pérdidas de materia orgánica, CIC y cationes de cambio (especialmente Mg) que el suelo franco arenoso. Esto confirma un efecto más pronunciado de la erosión sobre el suelo con textura más gruesa.

El viento modificó la composición mineralógica de la fracción arena muy fina II (73-100 μm) al producir incrementos en la proporción de minerales pesados (magnetita) en relación a los livianos (cuarzo). Este proceso de selección fue más evidente en el suelo con textura más gruesa (arenoso franco).

Las modificaciones producidas por la erosión eólica (fundamentalmente disminuciones de los contenidos de MO y del espesor del horizonte A) alteraron la clasificación original de los suelos (Haplustol éntico) en forma diferente, ya que el arenoso franco se transformó en un Ustipsamente típico y el franco arenoso en un Ustortente típico.

Palabras clave: Erosión eólica; suelos de zonas semiáridas; textura y erosión del suelo.

WIND EROSION EFFECTS ON SOME SOIL PROPERTIES OF THE SEMIARID PAMPAS

ABSTRACT

Some morphological, physical, chemical and mineralogical properties of light and severely eroded phases of two different textured Entic Haplustolls (sandy loam and loamy sand) of plain positions, within the semiarid Pampa were compared.

It was proposed the hypothesis that susceptibility of soils to be eroded depends on texture of the loessical parent materials, taking into account that in these soils organic matter contents correlate positively with the sum of silt and clay.

Morphological properties, excepting for A-horizon thickness, were slightly affected by erosion.

Silt and clay were blown up by wind in the loamy sand soil, while silt and fine sand were from the sandy loam soil. More detailed studies should be carried out to confirm if these tendencies are related to the existence of different sized clay-aggregates in each textural soil type.

OM, CEC and exchangeable cations, particularly Mg, were strongly depleted by wind erosion in the loamy sand soil.

Wind erosion also affected the mineralogical composition of the very fine sand fraction (73-100 μm) of A-horizons: lighter particles (quartz) were blown up while heavy ones (Opaques) were relatively accumulated by a selective wind transport. This process was more pronounced in the loamy sand soil.

Erosion also modified differentially the original classification of the soils (Entic Haplustoll): the loamy sand soil was transformed into a Typic Ustipsamment and the sandy loam into a Typic Ustorthent.

Key words: Wind erosion; soils of semiarid zones; texture and wind erosion.

INTRODUCCION

Los suelos de la región semiárida pampeana, mayormente clasificables como Haplustoles énticos, evolucionan sobre materiales loésicos holocénicos. Las condiciones semiáridas del clima y el origen eólico de los materiales originales hacen a estos suelos altamente susceptibles a la erosión eólica. El uso intenso en las últimas décadas ha producido incrementos en la tasa de erosión, cuyas incidencias sobre sus propiedades no han sido aún exactamente evaluadas.

Para suelos de otras zonas semiáridas del mundo han sido reportadas pérdidas de materia orgánica y nitrógeno total (Campbell y Souster, 1982; Coote y Ramsey, 1983; Dalal y Mayer, 1986; Blanck y Fosberg, 1989a), cambios texturales (Lyles y Tatarko, 1986) y disminuciones en la capacidad de retener agua (Gregorich y Anderson, 1985; Nizeyimana y Olson, 1988). Paralelamente han sido descritas alteraciones en diversas características morfológicas como disminuciones del espesor de los horizontes A (Gregorich y Anderson, 1985) y espesor del perfil hasta la acumulación secundaria de CaCO_3 (Wieder y Yaalon, 1985).

Los suelos de la región semiárida pampeana central varían en su grado de evolución en función de la textura. Aquellos suelos con materiales parentales más finos poseen mayores contenidos de materia orgánica (Buschiazzo et al, 1991), lo que mejora su estabilidad estructural (Buschiazzo, 1989) y posiblemente su resistencia a la erosión (Chepil, 1951). Por esta razón se plantea la hipótesis de que los suelos con materiales parentales texturalmente más finos, han sufrido procesos menos pronunciados de erosión que aquellos de textura más gruesa, en similares condiciones de manejo.

El objetivo de este trabajo es evaluar y cuantificar las modificaciones morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas producidas por la erosión eólica en suelos de la región semiárida pampeana y paralelamente considerar posibles alteraciones en su clasificación original.

MATERIALES Y METODOS

Se estudiaron dos suelos de planicie de la región semiárida pampeana, de texturas franca arenosa $64^{\circ}15'$ Oeste y $36^{\circ}30'$ Sur) y arenosa franca ($63^{\circ}40'$ Oeste y $36^{\circ}30'$ Sur) clasificados Haplustoles énticos (INTA et al., 1980). De cada suelo se estudiaron dos pedones, separados entre sí por no más de 20 metros, correspondientes a fases consideradas como "poco erosionadas" (pasturas perennes desde hace más de 20 años) y "fuertemente erosionadas" (agricultura continua desde hace más de 20 años).

La descripción morfológica de cada perfil se realizó en base a las normas descriptas por Etchevehere (1976).

Se tomaron muestras sin disturbar con cilindros de acero para determinar densidad aparente de cada horizonte. Sobre muestras secadas al aire y tamizadas por 2 mm se determinaron: *textura*, por el método combinado del tamizado en húmedo y la pipeta (Schlichting y Blume, 1966); *materia orgánica* (MO), por Walkley y Black; pH, potenciométricamente de un extracto suelo agua 1:2,5; calcáreo, por el método de Scheibler; *capacidad de intercambio catiónico* (CIC) y *cationes de cambio* por desplazamiento con AcNa 1 N y pH 8,5, determinándose los cationes por espectroscopía de absorción atómica; *mineralogía de la fracción arena muy fina II* (73-100 μm), por conteo, con microscopio petrográfico, de 400 granos de minerales pesados y livianos, previamente separados densimétricamente con bromoformo y preparados con nitrobenzeno.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la **Tabla 1** se detallan las principales características morfológicas de los perfiles estudiados.

El pedón poco erosionado del suelo franco arenoso presenta una diferenciación del horizonte A (A y A12) con un espesor total de 22 cm contra 12 cm del pedón fuertemente erosionado. El pedón levemente erosionado del suelo arenoso franco posee un horizonte A de 28 cm contra 17 cm de su similar fuertemente erosionado.

La estructura de los horizontes A y AC de los pedones

Tabla 1: Características de los perfiles estudiados

	HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	LIMITES Forma tipo	COLOR Seco húmedo	ESTRUCTURA*)			CaCO ₃	RAICES
					Tipo	Clase	Grado		
SUELO 1 (fr. ar.)									
Pedón 1 (levemente eros.)	A	0-13	abrupto suave	10 YR 3/3 10 YR 3/2	blsub	fi	de	-	RRR
	A12	13-22	claro suave	10 YR 3/3 10 YR 2/2	blsub	me	de	-	RR
	AC	22-58	claro suave	10 YR 5/3 10 YR 3/2	blsub	fi	mde	-	R
	C Ca	58-120	abrupto suave	10 YR 5/3 10 YR 4/2	m			++ +++	R
	Tosca	+120							
Pedón 2 (fuertemente eros.)	Ap	0-12	claro suave	10 YR 5/3 10 YR 3/2	blsub	fi	de	-	RRR
	AC	12-27	claro suave	10 YR 5/3 10 YR 3/2	blsub	me	de	-	RR
	C1	27-77	abrupto suave	10 YR 5/2 10 YR 3/3	m			-	R
	C2 Ca	77-94	abrupto suave	10 YR 5/3 10 YR 3/2	m			++	R
	Tosca	+94						+++	
SUELO 2 (ar. fr.)									
Pedón 1 (levemente eros.)	A	0-28	claro suave	10 YR 4/2 10 YR 3/2	blsub	me	de	-	RRR
	AC	28-46	claro suave	10 YR 4/3 10 YR 3/2	blsub	fi	mde	-	RR
	C	+100		10 YR 5/3 10 YR 4/2	m			-	R
Pedón 2 (fuertemente eros.)	Ap	0-17	claro suave	10 YR 4/3 10 YR 3/2	blsub	fi	mde	-	R
	AC	17-28	claro suave	10 YR 4/3 10 YR 3/2	m			-	R
	C	+120		10 YR 5/3	m			-	R

*) blsub= bloques subangulares, m= masivo, fi= fino, me= medio, de= débiles, mde= muy débiles

levemente erosionados es, en todos los casos, de tipo bloques subangulares. Los pedones fuertemente erosionados presentan estructuras con grados más débiles y clases más finas, lo que se debería a los menores contenidos de MO por el efecto destructor del laboreo.

Los colores en seco en los pedones fuertemente erosionados son más claros que en los levemente erosionados, especialmente en el suelo franco arenoso. Esto sería consecuencia de las pérdidas de MO, hecho comprobado frecuentemente para otros suelos (Blánck y Fosberg, 1989a).

De la **Tabla 2** se desprende que en el suelo franco arenoso la erosión ha producido en los horizontes A disminuciones de la fracción limo (16%) y de la arena muy fina II (56%). Paralelamente se produjeron incrementos de la arcilla (43%) y de la arena media (18%). En el suelo arenoso franco se manifestaron disminuciones de los contenidos de limo (23%) y la arcilla (31%), con incrementos de la arena gruesa (75%). En ambos suelos la erosión produce un incremento de la proporción de arena por efecto de la erosión, en forma concordante con

resultados de Hennessy et al. (1986).

Chepil (1958) demostró experimentalmente que las fracciones granulométricas más susceptibles al transporte por el viento son la arena fina y el limo grueso (20-100 μ m). Consideraciones similares efectúan Fichtbauer y Muzzca (1977) para materiales sedimentarios de origen eólico.

En los casos aquí estudiados sólo en el suelo franco arenoso existió una tendencia similar a la apuntada por estos autores. Posiblemente este comportamiento respondería a la existencia de agregados de arcilla de distinto tamaño en suelos de diferentes granulometrías. Una hipótesis a demostrar sería que a medida que el suelo es texturalmente más grueso, las partículas de arcilla se encuentran formando agregados de menor tamaño, debido a la abrasión producida durante el transporte por vientos más fuertes.

De la **Tabla 3** se desprende que el horizonte A del pedón fuertemente erosionado del suelo arenoso franco perdió, en los primeros 100 cm del perfil, 8,54 kg m⁻² de materia orgánica (un 72%) con respecto a su par débil-

Tabla 2: Composición textural de los suelos estudiados

Horizonte	arcilla <2	limo -50	FRACCION (um)				
			m. fina I -73	m. fina II -100	arena fina -250	arena gruesa -2000	
(%)							
SUELO 1 (fr. ar)							
Pedón 1:	Ap	14.03	27.34	9.27	29.36	23.23	7.06
levemente	A12	13.62	22.96	7.33	16.27	25.53	14.3
erosionado	AC	13.39	25.98	8.12	14.72	26.22	11.6
	Cca	11.36	27.88	7.98	14.62	30.53	7.63
	Tosca						
Pedón 2:	Ap	20.01	23.05	8.91	12.85	27.32	12.14
severamente	AC	14.28	28.27	4.44	10.35	33.42	9.24
erosionado	C1	12.87	27.77	9.23	15.06	24.81	8.25
	C2ca	13.39	25.62	7.42	16.42	29.52	7.62
	Tosca						
SUELO 2 (ar. fr.)							
Pedón 1:	A	11.14	14.19	6.12	11.36	47.96	9.23
levemente	AC	6.21	11	2.18	14.25	54.93	11.43
erosionado	C	4.32	13.56	1.95	12.05	54.92	13.2
Pedón 2:	A	7.7	10.95	6.76	10.96	47.44	16.19
severamente	AC	7.82	7.88	3.41	13.7	49.2	17.99
erosionado	C	6.32	10.98	5.05	16.3	49.35	12

levemente erosionados es, en todos los casos, de tipo bloques subangulares. Los pedones fuertemente erosionados presentan estructuras con grados más débiles y clases más finas, lo que se debería a los menores contenidos de MO por el efecto destructor del laboreo.

Los colores en seco en los pedones fuertemente erosionados son más claros que en los levemente erosionados, especialmente en el suelo franco arenoso. Esto sería consecuencia de las pérdidas de MO, hecho comprobado frecuentemente para otros suelos (Blánck y Fosberg, 1989a).

De la **Tabla 2** se desprende que en el suelo franco arenoso la erosión ha producido en los horizontes A disminuciones de la fracción limo (16%) y de la arena muy fina II (56%). Paralelamente se produjeron incrementos de la arcilla (43%) y de la arena media (18%). En el suelo arenoso franco se manifestaron disminuciones de los contenidos de limo (23%) y la arcilla (31%), con incrementos de la arena gruesa (75%). En ambos suelos la erosión produce un incremento de la proporción de arena por efecto de la erosión, en forma concordante con

resultados de Hennessy et al. (1986).

Chepil (1958) demostró experimentalmente que las fracciones granulométricas más susceptibles al transporte por el viento son la arena fina y el limo grueso (20-100 μ m). Consideraciones similares efectúan Fichtbauer y Muzzca (1977) para materiales sedimentarios de origen eólico.

En los casos aquí estudiados sólo en el suelo franco arenoso existió una tendencia similar a la apuntada por estos autores. Posiblemente este comportamiento respondería a la existencia de agregados de arcilla de distinto tamaño en suelos de diferentes granulometrías. Una hipótesis a demostrar sería que a medida que el suelo es texturalmente más grueso, las partículas de arcilla se encuentran formando agregados de menor tamaño, debido a la abrasión producida durante el transporte por vientos más fuertes.

De la **Tabla 3** se desprende que el horizonte A del pedón fuertemente erosionado del suelo arenoso franco perdió, en los primeros 100 cm del perfil, 8,54 kg m⁻² de materia orgánica (un 72%) con respecto a su par débil-

Tabla 2: Composición textural de los suelos estudiados

Horizonte	arcilla <2	limo -50	FRACCION (um)				
			m. fina I -73	m. fina II -100	arena fina -250	arena gruesa -2000	
(%)							
SUELO 1 (fr. ar)							
Pedón 1:	Ap	14.03	27.34	9.27	29.36	23.23	7.06
levemente	A12	13.62	22.96	7.33	16.27	25.53	14.3
erosionado	AC	13.39	25.98	8.12	14.72	26.22	11.6
	Cca	11.36	27.88	7.98	14.62	30.53	7.63
	Tosca						
Pedón 2:	Ap	20.01	23.05	8.91	12.85	27.32	12.14
severamente	AC	14.28	28.27	4.44	10.35	33.42	9.24
erosionado	C1	12.87	27.77	9.23	15.06	24.81	8.25
	C2ca	13.39	25.62	7.42	16.42	29.52	7.62
	Tosca						
SUELO 2 (ar. fr.)							
Pedón 1:	A	11.14	14.19	6.12	11.36	47.96	9.23
levemente	AC	6.21	11	2.18	14.25	54.93	11.43
erosionado	C	4.32	13.56	1.95	12.05	54.92	13.2
Pedón 2:	A	7.7	10.95	6.76	10.96	47.44	16.19
severamente	AC	7.82	7.88	3.41	13.7	49.2	17.99
erosionado	C	6.32	10.98	5.05	16.3	49.35	12

mente erosionado. En el suelo franco arenoso estas pérdidas fueron de $5,52 \text{ kg m}^{-2}$ (un 37%).

Las mayores pérdidas relativas y absolutas de MO en el suelo arenoso indican su mayor susceptibilidad a la degradación. Sin embargo no habría que descartar cierto efecto acumulativo de MO en el pedón débilmente erosionado del suelo arenoso franco, ya que ha sido frecuentemente comprobado el efecto positivo que las pasturas perennes producen sobre los contenidos de MO (Tisdall y Oades, 1982).

El horizonte A del pedón fuertemente erosionado del suelo arenoso franco, presenta disminuciones de $3,54 \text{ meq/100 g}$ (un 29%) en sus valores de CIC. Estas pérdidas están posiblemente asociadas a las de materia orgánica y arcilla. En el suelo franco arenoso no se manifestaron cambios en la CIC.

La cantidad de cationes de cambio también fue alterada en mayor proporción en el suelo arenoso franco. El Ca disminuyó $1,52 \text{ meq/100 g}$ en el suelo arenoso franco (33%) y $2,56 \text{ meq/100 g}$ en el franco arenoso (23%); el Mg presentó pérdidas de $1,27 \text{ meq/100 g}$ (46%) en el arenoso franco y ganancias de $1,03 \text{ meq/100 g}$ (40%) en el franco arenoso; el K presentó pérdidas de $0,65 \text{ meq/100 g}$ en el arenoso franco (29%) y de $0,55 \text{ meq/100 g}$ en el franco arenoso (21%). Otros autores, como Ghuman y Lal (1991) comprobaron disminuciones de los contenidos de los cationes de cambio con el incremento de la intensidad de uso del suelo, así como tendencias erráticas del Mg. El origen de las variaciones del Mg deberá ser estudiada más en detalle.

La profundidad a la cual se encuentra el CaCO_3 en el suelo franco arenoso es mayor en el pedón erosionado que en el débilmente erosionado (77 y 58 cm, respectivamente) lo que respondería a la mayor infiltración que se produce en el suelo más erosionado, con menor contenido de MO y por lo tanto menor capacidad de retención de agua en los horizontes superiores. Ferguson et al. (1972) y Bouma et al. (1974) comprobaron que existe un mayor movimiento de agua a través del perfil en suelos bajo agricultura continua que en aquellos vírgenes o bajo pasturas. Blanck y Fosberg (1989b) detectaron en Argiboroles típicos una lixiviación de calcita en pedones cultivados, pero no en pedones vírgenes.

Wieder y Yaalon (1985) detectaron, para suelos de zonas desérticas de Israel, acumulaciones secundarias de CaCO_3 menos profundas en suelos más erosionados. La no coincidencia con los resultados aquí encontrados puede obedecer a que los suelos estudiados por estos autores poseen una tasa de infiltración y traslocación de sales menor, al encontrarse en condiciones más áridas.

La ausencia de CaCO_3 en el suelo arenoso, respondería a sus menores contenidos iniciales, dada su textura. Es conocido que el transporte de sedimentos más gruesos

requiere vientos de mayor fuerza lo que puede producir una destrucción de los agregados de CaCO_3 y por ende menor contenido total de calcáreo. Buschiazzo (1990) comprobó estas tendencias en materiales loésicos pampeanos. También sería de esperar una mayor infiltración en suelos erosionados debido a la menor capacidad de retención de agua y la textura más gruesa de sus horizontes superficiales.

Como consecuencia de los mayores contenidos de CaCO_3 , el suelo franco arenoso es algo más alcalino que el arenoso franco.

La composición mineralógica de la fracción arena muy fina II ($74-100\mu\text{m}$) se presenta en la **Tabla 4**. De la misma se desprende que la proporción de minerales pesados es mayor en los horizontes A de los pedones más erosionados que en los menos erosionados. Esto se confirma al analizar los cocientes entre los contenidos de cuarzo y opacos de esta fracción (**Fig. 1**). Tales tendencias podrían deberse a: a) una alteración de la composición mineralógica por un transporte selectivo de las partículas por parte del viento en base a la densidad de cada mineral,

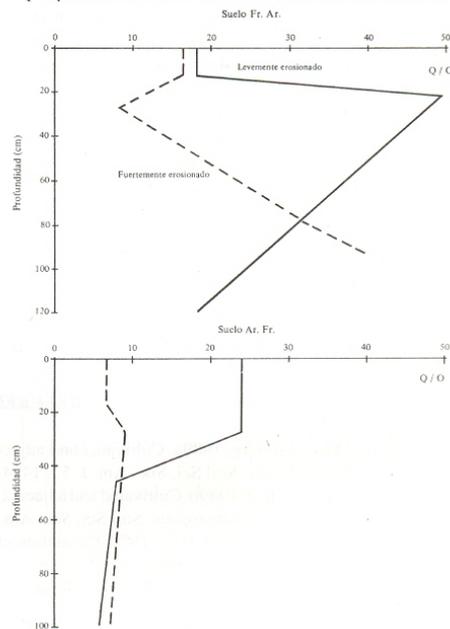


Figura 1: Cocientes entre los contenidos de minerales cuarzo y opacos (Q/O) de la fracción arena muy fina II ($74-100\mu\text{m}$) de pedones leve y fuertemente erosionados de dos suelos texturalmente diferentes de la región semiárida pampeana central.

b) a una mayor meteorización de los minerales pesados en los pedones levemente erosionados, dado su probable mejor balance hídrico, o c) ambas.

El análisis microscópico de algunos minerales altamente susceptibles a la meteorización, como los feldspatos de Ca y Na, indica que no poseen evidencias de alteraciones. Los minerales de magnetita presentan bordes redondeados, por lo que tampoco han sido alterados. La proporción de altermas, minerales no identificables por su estado de meteorización avanzado, es relativamente constante a lo largo del perfil, lo que permite deducir que los procesos de meteorización han ocurrido antes de su deportación en los actuales sitios estudiados.

Estos resultados indican que no ha existido intensa meteorización en estos suelos, lo que permite inferir que las diferencias en los contenidos de minerales pesados y livianos en los horizontes, se debería a una selección producida por el viento más que a procesos de meteorización de diferente magnitud.

Esto estaría respaldado por los resultados experimentales de Chepil (1945) quien comprobó que la susceptibilidad de una partícula esférica a ser transportada por el viento es directamente proporcional a la raíz cuadrada del producto de su diámetro y su densidad. También von Engelhardt (1973) presenta relaciones teóricas variables entre los contenidos de minerales cuarzo y diferentes minerales pesados, dentro de la misma fracción granulométrica de sedimentos eólicos. Estas relaciones varían de acuerdo a la fuerza del viento. Schüle et al. (1988) comprobaron que en suelos evolucionados sobre materiales volcánicos, existe un transporte más pronunciado de minerales inestables en relación al cuarzo, dado que los primeros son más fácilmente meteorizables.

Las modificaciones que han sufrido los suelos aquí estudiados por efecto de la erosión, alteraron su clasificación original (Haplustoles énticos) ya que el pedón erosionado del suelo franco arenoso corresponde a un Ustorthente típico y el del arenoso franco a un Ustipsammente típico.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

-Entre las características morfológicas, sólo los espesores de los horizontes A fueron alterados en forma evidente y en magnitudes similares en ambos suelos.

-La erosión eólica afectó en forma y magnitud diferente a cada suelo, lo que se puso de manifiesto a través de los siguientes cambios en los horizontes superficiales: a) pérdidas de diferentes fracciones texturales (limo y arcilla en el arenoso franco y arena muy fina y limo en el franco arenoso), b) mayores pérdidas de materia orgánica, CIC y cationes de cambio (especialmente Mg) en el suelo arenoso franco que en el franco arenoso, c) modificaciones en la composición mineralógica de la fracción arena muy fina II (73-100 μm) al producirse incrementos en la proporción de minerales pesados (magnetita) en relación a los livianos (cuarzo), por procesos de selección más evidentes en el suelo arenoso franco.

-La erosión eólica también modificó la clasificación original de los suelos (Haplustoles énticos) ya que el franco arenoso se convirtió en un Ustorthente típico y el arenoso franco en un Ustipsammente típico.

REFERENCIAS

- Blanck, R.R. and M.A. Fosberg. 1989a. Cultivated and adjacent Virgin Soils in Northcentral South Dakota. I. Chemical and Physical Comparisons. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 1484-1490.
- Blanck, R.R. and M.A. Fosberg. 1989b. Cultivated and adjacent Virgin Soils in Northcentral South Dakota. II. Mineralogical and Micromorphological Comparisons. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 1490-1499.
- Bouma, J.; D.J. van Rooyen and F.D. Hole. 1974. Estimation of comparative water transmission in two pairs of adjacent and cultivated pedons in Wisconsin. *Geoderma* 13: 73-88.
- Buschiazzo, D.E. 1989. Degradación de suelos en la Región Semiárida Pampeana Central. *Actas de las Iras. Jornadas de Suelos de Zonas Áridas y Semiáridas*: 52-69.
- Buschiazzo, D.E. 1990. Calcrete formation in soils of the Argentinian Pampas. *Hohenheimer Arbeiten. Ernst Schlichting Gedächtnisskoll*: 92-106.
- Buschiazzo, D.E.; A.R. Quiroga and K. Stahr. 1991. Patterns of organic matter accumulation in soils of the Semiarid Argentinian Pampas. *Z. Pflanzen Boden.* 154: 347-441.
- Campbell, C.A. and W. Souster. 1982. Loss of organic matter and potentially mineralizable nitrogen from Saskatchewan soils due to cropping. *Can. J. Soil. Sci.* 62: 651-656.

- Chepil, W.S. 1945. Dynamic of wind erosion. I. Nature movement of soil by wind. *Soil Sci.* 60: 305-320.
- Chepil, W.S. 1951. Properties of soil which influence wind erosion: IV State of dry aggregate structure. *Soil Sci.* 72: 387-401.
- Chepil, W.S. 1958. Soil conditions that influence wind erosion. USDA. Techn. Bull. No. 1185, 28 pp.
- Coote, D.R. and J.F. Ramsey. 1983. Quantification of the effects of over 35 years of intensive cultivation on four soils. *Can. J. Soil Sci.* 63: 1-14.
- Dalal, R.C. and R.J. Mayer. 1986. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. II Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile. *Aust. J. Soil Res.* 24: 281-292.
- Etchevehere, P. 1976. Normas de Reconocimiento de Suelos. INTA, Dpto. Suelos. Publicación 152. 211 pp.
- Ferguson, H.; P.L. Brown, and M.R. Miller. 1972. Saline seeps on non-irrigated lands of the Northern Plains. In Proc. on control of Agricultural related pollution in the Great Plains. Great Plains Agric. Council Publ.: 169-191.
- Füchtbauer, H. and G. Müller. 1977. Sediment Petrologie. Teil II: Sedimente und Sedimentgesteine. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller). 784 pp.
- Ghuman, B.S. and R. Lal. 1991. Land clearing and use in the humid Nigerian Tropics: II. Soil chemical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 184-188.
- Gregorich, E.G. and D.W. Anderson. 1985. Effects of cultivation and erosion of soils of four toposequences in the Canadian Prairies. *Geoderma* 36: 343-354.
- Hennessy, J.T.; B. Kies; R.P. Gibbens and J.M. Tromble. 1986. Soil sorting by forty-five years of wind erosion on a Southern New Mexico Range. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 391-394.
- INTA, Gob. de La Pampa y Universidad Nacional de La Pampa. 1980. Inventario integrado de la Provincia de La Pampa. 493 pp.
- Lyles, L. and J. Tatarko. 1986. Wind erosion effects on soil texture and organic matter. *J. Soil and Water Cons.* 42: 191-193.
- Nizeyimana, E. y K.R. Olson. 1988. Chemical, Mineralogical and Physical Differences between Moderately and Severely Eroded Illinois Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 1740-1748.
- Schlichting, E. and H.P. Blume. 1966. *Bodenkundliches Praktikum*. Paul Parey, 209 pp.
- Schüle, J.; K. Stahr; M. Zarei and R. Jahn. 1988. Basaltverwitterung und Bodenentwicklung seit dem mittleren Tertiär auf Lanzarote, Kanarische Inseln (Profil Malaya Chica). *Z. Pflanzen. Boden.* 152: 105-113.
- Tisdal, J.M. and J.M. Oades. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33: 141-163.
- von Engelhardt, W. 1973. Sediment Petrologie Teil III: Die Bildung von Sedimenten und Sedimentgesteinen. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller). 378 pp.
- Wieder, M. and D.H. Yaalon. 1985. Catenary soil differentiation on opposite facing slopes related to erosion-deposition and restricted leaching processes in northern Negev, Israel. *J. Arid. Env.* 9: 119-136.