



Caracterización del perfil cultural del suelo en un pastizal natural. Santa Fe (Argentina)

Characterization of cultural soil profile on natural pastures. Santa Fe (Argentina)

Gabriel Zerpa ¹
Oscar Sosa ¹

Sergio Montico ¹
Beatriz Martín ²

Originales
Recepción: 28/11/2005
Aceptación: 31/07/2006

RESUMEN

En la región pampeana son comunes las áreas mal drenadas destinadas a ganadería en base a pastizales naturales. En ellas la vegetación natural es compleja y está influenciada por la interacción de aspectos climáticos, edáficos y por la historia del uso y del manejo. Las características edáficas afectadas por el manejo se expresan en el perfil cultural del suelo (PC); su caracterización es una herramienta importante para identificar limitantes a la productividad y aportar elementos para la toma de decisiones de manejo. Ante la ausencia de métodos que caractericen y cuantifiquen el estado del PC, se propone un índice (IPC) que, considerando el reconocimiento y la valoración de ciertas características edáficas indicadoras, asigna un valor numérico al estado del PC.

En un pastizal natural, próximo a una cañada ubicada en el sur de la provincia de Santa Fe, se reconocieron tres áreas o unidades forrajeras (UF) con cierta homogeneidad en las características edáficas, forrajeras y paisajísticas. En las mismas se caracterizó el estado del PC y se calculó el IPC.

El método desarrollado permitió identificar en cada UF limitantes edáficas derivadas del manejo y, a partir del índice generado, clasificar los respectivos PC según su estado.

SUMMARY

Low drained areas devoted to livestock breeding based on natural pastures are common in the Humid Pampas. In these areas natural vegetation is complex and is influenced by the interaction of climatic and edaphic aspects and by the management and use history. Edaphic characteristics affected by management are expressed in the cultural soil profile (CP), and their characterization is an important tool to identify productivity limitations and to convey elements for management decision-making. Based on the lack of methods to characterize and quantify the CP, we proposed an index that, considering the recognition and valuation of certain indicative edaphic characteristics, assigns a numeric value to the CP status.

In a natural pasture, next to a lowland placed in the South of Santa Fe Province, three forage units (FU) with certain homogeneity in the edaphic, forage and landscape characteristics were recognized. In these units, the CP status was characterized and the cultural profile index (CPI) was calculated.

The method developed allowed to identify in each FU, the edaphic limitations derived from management and the proposed index allowed to classify the respective CP according to their status.

¹ Cátedra de Manejo de Tierras.

² Cátedra de Forrajes.

Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario. Campo Experimental Villarino. C. C. 14. Zavalla. Santa Fe. Argentina. S2125ZAA. gzerpa@fibertel.com.ar

Palabras clave

pastizales • perfil cultural edáfico • índice

Key words

pastures • cultural soil profile • index

INTRODUCCIÓN

En la región pampeana abundan áreas con drenaje deficiente. En ellas existen importantes problemas de productividad (mal drenaje, anegamiento, salinidad, alcalinidad, etc.), por lo que suelen destinarse a ganadería bovina en base a pasturas naturales o mejoradas de relativamente baja productividad forrajera (9). La heterogeneidad espacial de algunos componentes del paisaje determina una gran variabilidad de las características y de la productividad de las comunidades vegetales. En estas situaciones, la dinámica de la vegetación pastoril es de alta complejidad y está influenciada por la interacción de aspectos edáficos y climáticos y por la historia del uso y prácticas de manejo, entre las que se destacan la presión y la oportunidad de pastoreo (18).

Estas características del suelo derivadas del manejo se expresan en el perfil cultural (PC), y su descripción es una herramienta auxiliar muy valiosa para la caracterización de limitantes a la productividad de origen edáfico (12) y para orientar las decisiones de manejo. Ante la ausencia de métodos que caractericen y cuantifiquen el estado del PC se desarrolló un índice (IPC) que a partir del reconocimiento y la valoración de variables indicadoras permita asignar un valor numérico al estado del PC.

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental Villarino (Zavalla, Santa Fe), bajo un pastizal natural ubicado en un sector próximo a una cañada. El pastizal fue sometido a pastoreo rotativo con vacas de cría. Se realizó un levantamiento topográfico y florístico que permitió reconocer tres escenarios o unidades forrajeras (UF) con cierta homogeneidad en la producción y en la abundancia de especies, y con diferente posición relativa en el paisaje. En cada UF se caracterizó el estado del PC.

MATERIALES Y MÉTODO**Unidades forrajeras (UF)**

La UF 1 está situada en un sector más alto y mejor drenado que las otras dos y con la napa freática oscilando anualmente alrededor de 1,5 m de profundidad. La UF 2 se ubicó a 150 m de distancia, en una posición altimétrica entre 0,3 y 0,7 m más baja que la anterior y con la napa alrededor de 1 m de profundidad. La UF 3 correspondió a un sector 0,6 m más bajo en relación con aquel en donde se situó la UF 2, con grandes limitaciones de drenaje, napa a profundidades no mayores a 0,7 m (en el período de estudio estuvo prácticamente en superficie en la estación estival), pH alcalino y salinidad desde la superficie.

Las UF 1 y 2 poseyeron similar composición botánica a lo largo del año, con predominio de gramíneas C3 (*Stipa hialina*, *Stipa neesiana*, *Hordeum stenostachys*,

Bromus catharticus, *Lolium multiflorum*) en otoño, invierno y primavera y de especies C4 (*Sporobolus indicus*, *Paspalum dilatatum*, *Setaria geniculata*, *Bothriocloa laguroides*, *Panicum milioides* y *Cynodon dactylon*) en verano. En la UF 3 el gramón (*Cynodon dactylon*) fue la única especie que prosperó.

Los suelos de las UF 1 y 2 son Argiudoles vérticos en fases por drenaje, en cambio a la UF 3 corresponde un complejo salino alcalino (Natrálbol típico y Natracualf típico).

Caracterización del PC

De acuerdo con su importancia relativa y la factibilidad de identificarlas y reconocerlas a campo, fueron seleccionadas nueve características para estudiar el PC:

- espesor de la capa superficial del suelo (ECS)
- capas compactadas subsuperficiales (CCS)
- porosidad estructural (PE)
- abundancia de la fauna edáfica (FE)
- broza (Br)
- cobertura del suelo (Cob)
- espesor de la costra superficial (Cost)
- presencia de pisoteo y amasado del suelo (PyA)
- raíces (Ra)

El objetivo de considerar el ECS en la descripción del PC es reflejar la incidencia de la erosión hídrica en la productividad de los suelos bajo uso pasturil.

Las CCS son incluidas por la importante incidencia sobre propiedades físicas, mecánicas, hídricas y biológicas del suelo (1, 8) y en el desarrollo de los sistemas radicales de la especie implantadas (6).

Se consideró la PE ya que el espacio poroso de origen estructural es modificable con el manejo (7) y su variación incide en las propiedades edáficas: físicas, hidráulicas (16), químicas (23) y biológicas (11).

La FE es relevante en la descripción del PC pues desempeña un papel significativo en la mezcla de la materia orgánica con el suelo, en la creación y estabilización de la estructura, permitiendo la circulación de aire y agua (29, 30); en este sentido es destacable la caracterización de las comunidades de lombrices como indicadores del grado de perturbación de los agroecosistemas (19) y de la calidad del suelo (25).

La Br -restos de vegetación parcialmente descompuesta sobre y/o entremezclada con la capa superficial del suelo- influye sobre la tasa de infiltración, amortigua el impacto de la gota de lluvia y disminuye el escurrimiento (22); asimismo, un manejo adecuado que tienda a su acumulación sobre la superficie favorecerá la perdurabilidad y la producción de las pasturas (33) y puede ser utilizado como indicador de la calidad del suelo (14).

La Cob aportada por las pasturas presenta un gran potencial para preservar las propiedades superficiales del suelo, atenuando los extremos térmicos y los riesgos de erosión (4).

A su vez, la presencia de Cost es considerada por su relación con la emergencia de las plántulas, la densificación superficial y la disminución del ingreso de agua en el perfil (15); además existe una vinculación entre sus características y la de perfiles culturales provenientes de suelos sometidos a distinto uso y manejo, y su caracterización puede ser utilizada como indicadora del estado de degradación (20).

El PyA ocasionado por el tránsito animal con el suelo en estado húmedo suele derivar en cambios en la composición botánica de la pastura (10), en la estabilidad estructural (34) y en la densidad aparente del suelo (21, 27), provocando menor ingreso de agua en el perfil (24) y menor abundancia de plantas y fitomasa debido a la condición desfavorable para el desarrollo radical (5).

Por último, el análisis del sistema radical (Ra) es clave en la descripción del PC (12), pues existe una relación entre las raíces con las propiedades físicas del suelo (31), y porque la densidad y longitud de raíces resultan buenos estimadores de la heterogeneidad edáfica (32).

Para cada una de las nueve características seleccionadas se establecieron cuatro condiciones o estados: óptimo, bueno, regular y malo (tabla 1), de manera de facilitar el reconocimiento a campo y la posterior sistematización de la información relevada.

Tabla 1. Características y condiciones evaluadas en los perfiles culturales.

Característica evaluada	Condición				
	óptima	bueno	regular	mala	
Cost (espesor, cm)	ausencia	< 1	≥ 1 < 3	≥ 3	
Cob (%)	> 80	> 50 ≤ 80	> 20 ≤ 50	≤ 20	
Br	espesor (mm)	≥ 5	≥ 2 < 5	≥ 1 < 2	ausencia o < 1
	ubicación	entramada con el suelo	sobre el suelo y poco entramada	sobre el suelo sin entramado	ausencia
PyA (%)	(ausencia)	(bajo)	(medio)	(alto)	
	< 5	≥ 5 < 20	≥ 20 < 40	≥ 40	
ECS (cm)	≥ 30 (H0)	≥ 22 < 30 (H1)	≥ 15 < 22 (H2)	< 15 (H3)	
CCS	grado de compactación	ausencia	bajo	medio	alto
	espesor capa (cm)	0	< 5	≥ 5 < 12	≥ 12
PE	abundancia	alta	media	baja	muy baja a media
	origen	predomina biológico	predomina biológico	biológico (bajo) y mecánico	ausencia o solo mecánico (bajo)
Ra	abundancia	alta a media	media	media a baja	baja a nula
	profundidad media (cm)	≥ 25	≥ 15 < 25	≥ 10 < 15	< 10
	localización en el perfil	total a alto	parcial a total	parcial	muy parcial
FE (abundancia)		alta	media	baja	nula

Relevamiento a campo

En cada UF se relevaron a nivel de la superficie del suelo la Cob, Cost y PyA. Para la determinación del estado de las demás características se efectuaron pozos de observación de aproximadamente 50 cm de lado y 50 cm de profundidad. El ECS se midió hasta el inicio del horizonte B2t. Para la PE se tuvieron en cuenta los poros y grietas perceptibles a simple vista, tanto de origen biológico como mecánico. Se realizaron tres repeticiones del relevamiento del PC por UF y las observaciones se registraron en una planilla.

Determinación del IPC

A cada una de las variables se le asignó un valor numérico que se integró en una ecuación de tipo polinómica multiplicativa, que expresa la interacción existente entre las nueve características seleccionadas. La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$\text{IPC} = (\text{Br}) (\text{CCS}) (\text{Cob}) (\text{Cost}) (\text{ECS}) (\text{FE}) (\text{PyA}) (\text{PE}) (\text{Ra})$$

Dada la distinta importancia relativa de las características y el estado en que se encuentra cada una de ellas, incidirán de manera diferente en la expresión de la productividad del PC. Por ello se afectó cada una de las características seleccionadas por un coeficiente tipo α que pondera la importancia relativa que tiene cada una de ellas, y por un coeficiente tipo β que contempla la incidencia de los distintos estados -óptimo, bueno, regular o malo- de cada variable en la expresión de la productividad del perfil.

Una vez definidos los coeficientes tipo α y β para cada variable, se integraron en la ecuación propuesta; el IPC fue definido de la siguiente manera:

$$\text{IPC} = (\alpha_{\text{Br}} \cdot \beta_{\text{Br}}) \cdot (\alpha_{\text{CCS}} \cdot \beta_{\text{CCS}}) \cdot (\alpha_{\text{Cob}} \cdot \beta_{\text{Cob}}) \cdot (\alpha_{\text{Cost}} \cdot \beta_{\text{Cost}}) \cdot (\alpha_{\text{ECS}} \cdot \beta_{\text{ECS}}) \\ (\alpha_{\text{FE}} \cdot \beta_{\text{FE}}) \cdot (\alpha_{\text{PyA}} \cdot \beta_{\text{PyA}}) \cdot (\alpha_{\text{PE}} \cdot \beta_{\text{PE}}) \cdot (\alpha_{\text{Ra}} \cdot \beta_{\text{Ra}})$$

Teniendo en cuenta el carácter subjetivo de las valoraciones de la importancia relativa de las características (α), y de la incidencia de las distintas condiciones de cada una de ellas (β), y con el objetivo de definir coeficientes confiables, se aplicó el Método Delphi de consulta a expertos (2, 17). Para ello se elaboró una lista de expertos, integrada por 30 especialistas en manejo y conservación de suelos, provenientes de Institutos de Investigación, de Universidades Nacionales y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Se les envió una encuesta con la consigna de trabajo. Se requirió la jerarquización de las características seleccionadas de acuerdo con la incidencia de cada una de ellas en la expresión de la óptima productividad de los suelos, asignando un valor numérico de **1 a 9**: **1**, la característica más importante, **9**, la de menor significancia, y el resto, valores intermedios acordes con su grado de importancia.

Se solicitó además que valoraran las distintas condiciones de cada característica -óptima, buena, regular y mala- con un coeficiente de variación decimal entre **0** y **1**. El valor de **1** indica que no hay restricciones para la expresión de la máxima productividad y el valor **0** implica que la restricción a la productividad de esa característica es total. Valores intermedios entre **0** y **1** indicarían qué proporción de la productividad se mantiene con el estado de la característica bajo cierto nivel de restricción.

A partir de las opiniones recibidas se calculó el coeficiente de ponderación (α) para cada variable, según:

$$\alpha = 1 / (v / v \text{ max})$$

siendo v el valor de la sumatoria de la opinión de los expertos para cada variable considerada y $v \text{ max}$ el máximo valor posible de la suma de esa característica por el número de expertos consultados. La relación inversa está vinculada con el orden creciente de restricción, menor incidencia negativa, mayor α .

Para obtener los coeficientes β -indicadores del estado de las cuatro condiciones de cada característica- se utilizaron ecuaciones de ajuste que interpretaron las opiniones de los expertos consultados. Los análisis estadísticos se realizaron con el software INFOSAT (13), con un nivel de significancia de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se presentan los coeficientes α para las características indicadoras del estado del PC; las variables se ordenan de acuerdo con la importancia dada por la mayoría de los especialistas, a partir de los puntos asignados.

Para obtener los coeficientes β se buscó la ecuación de ajuste que mejor representara las opiniones vertidas. Se efectuaron análisis de correlación de tipo lineal, polinomial, exponencial, logarítmico y potencial, para finalmente escoger el ajuste de tipo polinomial, por ser el que mejor correlación presenta para la mayoría de las características del PC seleccionadas. Para efectuar la correlación se asignó un valor numérico a cada condición de la característica analizada:

1 = óptimo 2 = bueno 3 = regular 4 = malo

Obtenida la ecuación se calcularon los coeficientes β para cada una de las cuatro condiciones de las variables indicadora del estado del PC (tabla 3).

Tabla 2. Jerarquización de las características edáficas indicadoras del estado del PC y coeficientes α .

N° de orden	Sumatoria de puntos asignados	Caract. del perfil cultural	Coef. de ponderación α
1º	80	ECS	2,70
2º	95	PyA	2,18
3º	100	PE	2,16
4º	101	CCS	2,13
5º	116	Cob	1,86
6º	116	Ra	1,86
7º	121	Cost	1,78
8º	163	Br	1,33
9º	164	FE	1,31

Tabla 3. Coeficientes β de ponderación de las condiciones de cada una de las variables indicadoras del estado del PC.

Variable	Condición			
	Óptima	Buena	Regular	Mala
Br	1	0,9	0,8	0,7
CCS	1	0,85	0,7	0,5
Cob	1	0,85	0,7	0,5
Cost	1	0,9	0,75	0,6
ECS	1	0,9	0,6	0,2
FE	1	0,97	0,9	0,75
PyA	1	0,8	0,6	0,4
PE	1	0,9	0,75	0,5
Ra	1	0,8	0,6	0,5

Aplicación del IPC

En todas las UF se caracterizó el estado de las nueve variables seleccionadas como indicadores del estado del PC, determinándose la condición: óptima, buena, regular o mala de cada una de ellas. En la tabla 4 se presentan los valores relevados, y en la última fila el valor de IPC de las tres UF.

Tabla 4. Planilla de cálculo para determinar el IPC

Variables indicadoras del estado del PC		Coefic. α	Grado	Coef.	Coeficiente β		
					UF 1	UF 2	UF 3
1	Br	1,33	Óptima	1,00	XXX		
			Buena	0,90		XX	
			Regular	0,80		X	X
			Mala	0,70	1,00		0,87
2	CCS	2,13	Óptima	1,00		XX	XX
			Buena	0,85	XX	X	X
			Regular	0,70	X		
			Mala	0,50	0,80		0,95
3	Cob	1,86	Óptima	1,00	XXX	XXX	
			Buena	0,85			XX
			Regular	0,70			X
			Mala	0,50	1,00	1,00	
4	Cost	1,78	Óptima	1,00	XX	X	X
			Buena	0,90	X	XX	XX
			Regular	0,75			
			Mala	0,60	0,97		0,95
5	ECS	2,70	Óptima	1,00			
			Buena	0,90	XXX	XXX	
			Regular	0,60			XXX
			Mala	0,20	0,90		0,90
6	FE	1,31	Óptima	1,00			
			Buena	0,97			
			Regular	0,90	XXX	XXX	
			Mala	0,75	0,90		0,90
7	PyA	2,18	Óptima	1,00			
			Buena	0,80			
			Regular	0,60	XXX	XX	
			Mala	0,50	0,60	X 0,57	XXX 0,50
8	PE	2,16	Óptima	1,00			
			Buena	0,90	XX	XX	
			Regular	0,75	X	X	XXX
			Mala	0,50	0,85		0,85
9	Ra	1,86	Óptima	1,00			
			Buena	0,80	XXX	X	XX
			Regular	0,60		XX	X
			Mala	0,50	0,80		0,67
IPC					74,92	60,23	18,36

Las celdas sombreadas indican las características que presentaron mayor grado de limitación para cada UF.

Como ejemplo se presenta el cálculo del IPC para la UF 1. Para ello se reemplazó en la fórmula polinómica propuesta los coeficientes α , calculados a partir de la opinión de los especialistas consultados, y los coeficientes β estimados a partir de dichas opiniones y de las observaciones efectuadas a campo. Reemplazando los coeficientes en la ecuación propuesta se calcula el IPC para la UF 1:

$$\text{IPC} = (1,33 \cdot 1,00) \cdot (2,13 \cdot 0,80) \cdot (1,86 \cdot 1,00) \cdot (1,78 \cdot 0,97) \cdot (2,70 \cdot 0,90) \cdot (1,31 \cdot 0,90) \cdot (2,18 \cdot 0,60) \cdot (2,16 \cdot 0,85) \cdot (1,86 \cdot 0,80)$$

$$\text{IPC} = (1,33) \cdot (1,70) \cdot (1,86) \cdot (1,73) \cdot (2,43) \cdot (1,18) \cdot (1,31) \cdot (1,84) \cdot (1,49) = \mathbf{74,92}$$

Este método permite, además de asignar un valor numérico al PC, identificar el peso relativo que tiene cada una de las variables consideradas (coeficientes α) y saber cuál de ellas es la que restringiría en mayor medida la expresión de la óptima productividad (coeficientes β). En este caso, para la UF 1, es PyA ($\beta = 0,60$) y CCS y Ra ($\beta = 0,80$). Para la UF 2 las características que presentan mayor restricción son el PyA (0,57) y Ra (0,67) y en la UF 3, el PyA (0,50), el ECS (0,60) y Ra (0,73). Las características que surgen como limitantes coinciden con las destacadas por Sosa et al. (27, 28) y Denoia et al. (5), cuando describieron el efecto del uso pasturil sobre distintas propiedades edáficas, en suelos similares a los de este estudio.

A partir de valores de IPC obtenidos en ensayos preliminares y complementarios a este trabajo se fijó una escala de interpretación del estado del PC y se establecieron cuatro clases de PC para el uso pasturil: óptimo, bueno, regular y malo (tabla 5).

Tabla 5. Clasificación del PC según el IPC.

Condición del PC	Valor del IPC (en puntos)
Óptima	$\geq a 105$
Buena	≥ 65 y < 105
Regular	≥ 25 y < 65
Mala	$< a 25$

Según esta escala, al interpretar los resultados obtenidos surge que la condición del PC para el uso pasturil de la UF 1 sería buena (IPC 74,92), a la UF 2 correspondería un PC regular (IPC: 60,23) y a la UF 3, malo (IPC: 18,36).

El método propuesto para la caracterización del PC contribuye a revertir el concepto aún vigente expresado por Benavidez (3), respecto de la carencia de métodos que basados en el seguimiento de algunas variables expresen el estado del suelo y sirvan como herramienta para la toma de decisiones y que, como lo mencionara oportunamente Puricelli (26), permitan desarrollar capacidad predictiva de la degradación producida por el uso del suelo, como de las prácticas y tecnologías a utilizar.

El trabajo realizado sugiere la posibilidad de desarrollar líneas de investigación orientadas a profundizar el ajuste de las características usadas en la descripción del PC, como así también a considerar la adaptación de esta herramienta metodológica para la caracterización de otros escenarios productivos.

CONCLUSIONES

- ❖ El método desarrollado para la caracterización del PC del suelo es una herramienta útil para identificar limitantes edáficas a la productividad y aporta importantes elementos para la toma de decisiones de manejo de las tierras.
- ❖ En las situaciones analizadas, las características que presentaron mayor restricción para la expresión de la óptima productividad son el pisoteo y amasado del suelo y la abundancia, profundidad de exploración y localización de las raíces en el perfil del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arranz, C.; J. Galantini; J. Iglesias; H. Krüger y S. Venanzi. 2004. Sistema de labranza: Efecto del pastoreo animal sobre la distribución del tamaño de poros. En: Actas del XIX Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Paraná. Ed. digital. 10 p.
2. Astigarraga, E. 2002. El método Delphi. Universidad de Deusto. Fac de CC.EE. y Empresariales. Donosita. San Sebastián. 14 p.
3. Benavidez, R. 1986. El problema metodológico en la evaluación de las propiedades físicas de los suelos. (Relato). En: Actas del XI Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Neuquén. p. 3-6.
4. Carrillo, J. 2003. Manejo de pasturas. Ed. INTA. EEA INTA Balcarce. 458 p.
5. Denoia, J.; O. Sosa; G. Zerpa y B. Martín. 2002. Efecto del pisoteo animal sobre la velocidad de infiltración y sobre otras propiedades físicas del suelo. Pastos. 30(1): 129-141.
6. Dexter, A. R. 2004. Soil physical quality. Part I. Theory. Effect of soil texture, density organic matter and effect on root growth. Geoderma. 120(3-4): 201-214.
7. Espósito, G. P.; J. Gesumaría; E. Bricchi; C. Castillo y R. Balboa. 2002. Modificaciones del espacio poroso de suelo por las labranzas y el pastoreo de los rastrojos. En: Actas del XVIII Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn. Ed. digital. 6 p.
8. Gerster, G. y S. Bacigaluppo, 2004. Consecuencias de la densificación por tránsito en Argiudoles del Sur de Santa Fe. En: Actas del XIX Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Paraná. Ed. digital. 9 p.
9. Gómez, P. O. 1995. Aspectos relevantes a tener en cuenta en los sistemas de producción animal en pastoreo. Material didáctico. Curso de Prod. Animal. INTA EEA Balcarce. 4 p.
10. González, E. P. 1988. Manejo de pasturas cultivadas de zonas templadas: cómo razonar para tomar decisiones (Conferencia). Rev. Arg. de Prod. Animal. 8(1): 89-105.
11. Hassink, J.; L. Bouwman; K. Zwart and L. Broussard. 1993. Relationship between habitable pore space, soil biota and mineralization rates in grassland soils. Soil Biology and Biochem. 25(1): 47-55.
12. Henin, S.; R. Grass y G. Monnier. 1972. El perfil cultural, el estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 342 p.
13. INFOSTAT/Profesional. 2002. Software estadístico. Actualización 23/09/02. UNCórdoba. Argentina.
14. Knoepp, J. D.; D. Coleman; D. Crossley Jr. and J. Clark. 2000. Biological indices of soil quality: an ecosystem case study of their use. Forest, Ecology & Managements. 138(1-3): 357-368.
15. Kutilek, M. 2003. Time dependence hydraulic of the soil crust: Henry's law. Journal of Hydrology. 272(1-4): 72-78.
16. Lamandé, M.; V. Hallaire; P. Curmi; C. Peres and D. Cluzeau. 2003. Changes of poros morphology, infiltration and earthworm, community in a loamy soil under different agricultural managements. Catena. 54(3): 637-649.
17. Landeta, J. 1999. El método Delphi. Una técnica de previsión para la incertidumbre. Ed. Ariel Barcelona. 223 p.

18. Martín, B.; R. Refi; S. Montico and M. Costanzo. 2001. Efecto de factores climáticos en la dinámica poblacional de plantas en pasturas templadas. Proceedings XIX International Grassland Congress. Piracicaba. p. 50-51.
19. Martínez, M. A.; C. Rodríguez y C. Mischis. 2002. Comunidades de lombrices de tierra (*Annelida: Oligochaeta*) como bioindicadoras del grado de perturbación de los ecosistemas. En: Actas del XVIII Congreso Arg. de la Ciencia del Suelo. Ed. digital. 1 p.
20. Montico, S. y G. Zerpa, 1993. Caracterización de costras superficiales de suelo. Trabajo inédito, 10 p. Resumen publicado en Actas XIV Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Mendoza. p. 23-24.
21. Moreno, I.; M. Bongiovani; H. Plagiaricci y C. Saroff. 1997. Influencia de la presión de pastoreo sobre condiciones físicas de suelos hapludoles típicos. Rev. Arg. de Prod. Animal 17(1): 108-109.
22. Naeth, M.; A. Bailey; D. Pluth; D. Chanaski and R. Hardin. 1991. Grazing impacts on litter and soil organic matter in mixed prairie and fescue grassland ecosystems of Alberta. Journal of Range Management. 44(1): 7-12.
23. Parry, S.; P. Renault; C. Chenu and R. Lensi. 1999. Denitrification in pasture and cropped soil clods as affected by pore space structure. Soil Biology & Biochemistry. 31(4): 493-501.
24. Pietola, L.; R. Horn and M. Yli-Halla. 2005. Effects of trampling by cattle on the hydraulic and mechanical properties of soil. Soil & Tillage Research. 82(1): 99-108.
25. Pilatti, M. A.; J. A. de Orellana y O. Felli. 1998. Indicadores edáficos en agricultura sostenible. II) Idoneidad de variables edáficas para evaluar sostenibilidad en agroecosistemas. Fotoduplicación del autor, 15 p. Resumen publicado en XVI Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Carlos Paz. p. 235.
26. Puricelli, C. A. 1996. Estado de los conocimientos en «Degradación de Suelos» en la Argentina. (relato). En: Actas XV Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. p. 358-381.
27. Sosa, O.; B. Martín; G. Zerpa y R. Lavado. 1995. Acción del pisoteo de la hacienda sobre el suelo y la vegetación: influencia de la altura del tapiz. Rev. Arg. de Prod. Animal. 15(1): 252-255.
28. Sosa, O.; B. Martín y G. Zerpa, 1997. Efecto del pisoteo de bovinos sobre la evolución del stand de plantas de una pastura consociada. Archivos Lat. de Prod. Animal. 5(1): 33-35.
29. Springett, J. and R. Gray. 1997. The interaction between plant roots and earthworm burrows in pasture. Soil Biology and Biochemistry. 29(3-4): 621-625.
30. Taboada, M. A. 1998. Compactación superficial causada por la siembra directa y regeneración estructural en suelos franco limosos pampeanos. Relato Comisión 1 Física de suelos. En: XVI Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Córdoba. 22 p.
31. Valenzuela, O. R. y M. Wilson. 2002. Efecto de las propiedades físicas del suelo sobre el desarrollo de raíces. Actas del XVIII Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn. Ed. digital. 6 p.
32. Vilche, M. S.; C. Alzugaray; G. Giubileo y S. Montico. 2002. Comportamiento de las raíces de alfalfa con altos niveles de fósforo del suelo. Actas del XVIII Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Ed. dig. 6 p.
33. White, T. A.; D. Barker and K. Moore. 2004. Vegetation diversity, growth, quality and decomposition in managed grassland. Agriculture, Ecosystems & Environment. 101(1): 73-84.
34. Zerpa, G.; O. Sosa y B. Martín. 1997. Acción del pisoteo de la hacienda sobre la estabilidad estructural de un suelo. En: IV Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo y Reunión Internacional de Rhizosfera. 2 p.



Publicación diagramada en el Centro de Ediciones Académicas, Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo. Diciembre 2006.



Tirada: 500 ejemplares

Printed in Mendoza, Argentina
Impreso en Mendoza, Argentina