

EFFECTO DEL PISOTEO ANIMAL SOBRE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN Y SOBRE OTRAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

J. DENOIA¹, O. SOSA¹, G. ZERPA¹ Y B. MARTÍN².

¹ Manejo de Tierras. ²Forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario. CC 14. S 2125 ZAA Zavalla (Argentina)

RESUMEN

Se estudió el efecto del pisoteo animal sobre las propiedades físicas y la velocidad de infiltración de un suelo Argiudol vértico, sobre el que se sembró una pastura compuesta por alfalfa (*Medicago sativa* L.), trébol rojo (*Trifolium pratense* L.), festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.) y cebadilla (*Bromus catharticus* Vahl.). Se adoptó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones, siendo las parcelas franjas de tránsito de 1 m x 15 m. Los tratamientos incluidos fueron: suelo desnudo con pisoteo (T1); suelo con vegetación a 2 cm de altura durante el pisoteo (T2); con vegetación de altura normal (> 10 cm) en el momento del pisoteo (T3); y con vegetación de altura normal (> 10 cm), sin pisoteo (T4). En T1, T2 y T3 dos vacas efectuaron diez desplazamientos en cada una de las siete oportunidades de tránsito consideradas.

El pisoteo provocó alta densificación superficial y una reducción de la tasa de infiltración. La vegetación influyó positivamente en el incremento de la tasa de infiltración y disminuyó la producción de sedimentos.

Palabras clave: Tránsito animal, pastura, compactación.

INTRODUCCIÓN

La región pampeana abarca una amplia superficie en el centro de la República Argentina. Comprende algunos de los suelos más productivos del país en términos agronómicos y, de hecho, allí se localiza la mayor concentración poblacional y el mayor desarrollo económico del territorio argentino. De acuerdo a criterios geomorfológicos, se la divide en subregiones. Una de ellas es la Pampa ondulada, sector dispuesto inmediatamente al oeste del río Paraná, entre los paralelos 32 y 35° LS y entre los meridianos 60 y 61° LW, caracterizado por un relieve suavemente ondulado (con pendientes generales no mayores al 2%).

Los sistemas de producción imperantes en la Pampa ondulada son el agrícola y el agrícola-ganadero con bovinos. La predominancia de agricultura continuada (fundamentalmente, basada en soja, trigo y maíz), en establecimientos de superficies inferiores a 300 ha, ha derivado en una alta degradación del suelo y en una disminución de la fertilidad.

La producción ganadera de esta subregión se asienta sobre pasturas semipermanentes. La especie base es la alfalfa, que suele estar acompañada por gramíneas y por otras leguminosas (pasturas polifíticas), o ser la componente exclusiva de las praderas (pasturas monofíticas). Estas pasturas se siembran de preferencia en otoño y la conducción del pastoreo se realiza predominantemente en forma rotativa, respondiendo a la morfología de los cultivos forrajeros.

La rotación agrícola-ganadera es reconocida como un medio adecuado para el mejoramiento del conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que definen la productividad de un suelo, frente a los efectos degradativos que suelen ocasionar las prácticas agrícolas. Entre otras acciones, se ha comprobado que el establecimiento de pasturas en tierras ordinariamente destinadas a agricultura puede influir positivamente sobre las propiedades físicas del suelo (García Tobar, 1985; Puricelli, 1985; Chagas *et al.*, 1993) y que su efecto sobre las características edáficas suele persistir una vez iniciado el ciclo agrícola (Sauzano *et al.*, 1997).

Sin embargo, el pastoreo directo establece una serie de acciones entre el animal y el ecosistema pastoril, que generan modificaciones en las características de la vegetación y del suelo. Así, el pisoteo de la hacienda ejerce efectos indirectos sobre el medio edáfico y directos e indirectos sobre las plantas. La magnitud de tales interacciones es variable y puede desencadenar procesos degradativos. Las perturbaciones producidas en la superficie del suelo, el grado de modificación del medio ambiente y su incidencia en la degradación del ecosistema dependen de varios factores. Entre ellos se cita la humedad edáfica, las características intrínsecas del suelo, la especie, categoría y estado fisiológico del ganado, el método y presión de pastoreo, el grado de cobertura vegetal y las especies que componen la pastura (Watkin y Clements, 1978; Snaydon, 1981; Dickson *et al.*, 1982; Matches, 1982; Lavado, 1992; Taboada y Lavado, 1993).

El pisoteo animal es uno de los procesos generadores de compactación superficial de los suelos (Koppi *et al.*, 1992; Proffitt *et al.*, 1993). Con humedades edáficas elevadas, el impacto de la pezuña puede provocar la densificación y la deformación de la superficie del suelo (Scholefield y Hall, 1986; Gesche *et al.*, 1993; Sosa *et al.*, 1995). Tales alteraciones suelen derivar en una disminución de los niveles de ingreso de agua al perfil (Warren *et al.*, 1986; Ranzi y Clayton, 1987; Ferrero, 1991; Proffitt *et al.*, 1993; Nguyen *et al.*, 1998).

En la Pampa ondulada dominan suelos Argiudoles típicos y vérticos. Éstos presentan en la capa arable alta proporción de limo fino y muy bajo porcentaje de arena (Mosconi *et al.*, 1981) y una fracción limo fundamentalmente constituida por fitolitos (Pecorari *et al.*, 1990). Esta condición induce a la formación de agregados de reducida estabilidad frente a la acción del agua (Pecorari, 1988) y de baja resistencia mecánica (Pecorari *et al.*, 1990), circunstancias que predisponen a la compactación.

Precisamente, en la región pampeana ondulada es circunstancia común el rápido decrecimiento de la productividad de las pasturas por factores edafoclimáticos y de manejo, entre los que merece ser destacado el pisoteo animal con alta humedad edáfica (Gárgamo *et al.*, 1988; Romero, 1988). Pese a que el efecto del pisoteo de la hacienda sobre el suelo ha sido reconocido como una importante limitante a la productividad en Estados Unidos, Australia y Europa desde hace varias décadas, en la Argentina el tema ha sido comparativamente menos estudiado. Destacan los trabajos de Lavado, Taboada y Rubio realizados en las décadas del 80 y del 90, en un ambiente específico: la Pampa deprimida, amplia zona que se caracteriza por presentar suelos halo-hidromórficos. En el marco de la Pampa ondulada, con suelos predominantemente diferentes, la investigación al respecto ha sido sumamente escasa.

Dada la importancia del tema a escala regional, se planteó como objetivo del presente trabajo evaluar el impacto del pisoteo de la hacienda vacuna sobre las propiedades físicas de la capa superficial y sobre la velocidad de infiltración, en un suelo representativo de la zona.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario (Zavalla, Provincia de Santa Fe, Argentina), situado a los 33° de latitud S y a los 61° de longitud W, a 47 m sobre el nivel del mar. El suelo bajo estudio es un Argiudol vértico serie Roldán, que presenta un horizonte A11 franco limoso (23,7 % de arcilla; 74,1 % de limo; 1,8 % de arena muy fina y 0,4 % de arena fina), con 3,3 % de materia orgánica. El clima es húmedo-subhúmedo mesotermal. El promedio anual de precipitaciones es de 973 mm, con una temperatura media anual de 17° C (datos de la Estación Meteorológica Zavalla, Servicio Meteorológico Nacional, Argentina).

Las labores de preparación de la cama de siembra consistieron en el pasaje de un arado de cinceles, dos pasajes de rastra de discos de doble acción y dos pasajes de rastra de dientes. El 20 de agosto de 1998 se sembró una pastura polifítica integrada por alfalfa

(*Medicago sativa* L.), latencia intermedia, trébol rojo (*Trifolium pratense* L.), festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) y cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.). Las densidades de siembra empleadas fueron: 10 kg ha⁻¹ para alfalfa, 1,5 kg ha⁻¹ para trébol rojo, 4 kg ha⁻¹ para festuca y 6,8 kg ha⁻¹ para cebadilla criolla.

Se aplicó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. El ensayo presentó cuatro tratamientos. Tres de ellos soportaron la acción del pisoteo animal, diferenciándose en la altura de las plantas en los momentos de desplazamiento del ganado: altura normal (> 10 cm) (T3), vegetación cortada a 2 cm de altura (T2) y suelo desprovisto de vegetación a lo largo de toda la duración del estudio (T1). En el cuarto tratamiento (T4) no hubo tránsito animal y la vegetación se mantuvo sin cortar en las ocasiones en que se practicaba el pisoteo en T1, T2 y T3. La ausencia total de vegetación en T1 se logró y se mantuvo mediante aplicaciones periódicas de glifosato, herbicida de acción total. En el caso de T2, el corte del tapiz a 2 cm se efectuó pocos días antes del paso de los animales.

Las parcelas consistieron en franjas de un m de ancho por 15 m de largo. En T1, T2 y T3 dos vacas de tambo (peso promedio = 635 kg) efectuaron diez desplazamientos a lo largo de la parcela, por cada oportunidad de tránsito. Cada animal fue sujetado y guiado mediante una cuerda por una persona. Las dimensiones de la franja y el número de desplazamientos permitieron distribuir uniformemente los impactos de la pezuña sobre el terreno. Se trató de mantener una velocidad de tránsito relativamente constante, a un promedio de 10 a 12 segundos para los 15 m de la franja; así, la velocidad promedio del tráfico fue de 5 km h⁻¹, estimada como normal para el caminar bovino.

En toda la duración del estudio se cuidó que los animales ingresaran a las parcelas con disponibilidades de materia seca aérea en T4 no inferiores a 1000 kg ha⁻¹ y humedades edáficas superficiales superiores al 20 %.

Hubo siete oportunidades de tránsito: 12 de abril, 30 de junio y 10 de agosto de 1999, y 13 de enero, 11 de marzo, 21 de junio y 8 de septiembre de 2000. Se planteó que la única acción ejercida por los animales fuera el pisoteo. Para lograr esto último, se impidió el consumo forrajero, se quitaron de las parcelas las heces depositadas y se marcaron y descartaron para el muestreo los sitios de deposición de orina.

En coincidencia con cada oportunidad de pisoteo se midió la humedad edáfica (gravimetría). Inmediatamente después de esa ocurrencia se practicó, en todos los tratamientos, el corte mecánico de la vegetación, simulando el máximo consumo de la hacienda.

Una semana después de practicado el último tránsito de animales se extrajeron las muestras de suelo para la determinación de la densidad aparente, la porosidad total, la

porosidad estructural y la estabilidad de agregados, a la profundidad de 0-7 cm. Esta profundidad fue seleccionada de acuerdo a observaciones preliminares a este ensayo, las que demostraron que los 10 cm superficiales son los más afectados por la compactación por pisoteo. Es coincidente con lo hallado por otros autores; así Mulholland y Fullen (1991) han comunicado que la zona del perfil de mayor densificación resultante por el pisoteo de la hacienda varía entre 0-7 y 0-10,5 cm superficiales. La densidad aparente se determinó por el método del cilindro (100 cm³ de volumen), tomándose nueve muestras por tratamiento. Se midió la estabilidad de los agregados al alcohol y al agua (Henin *et al.*, 1972). Los sistemas de porosidad fueron evaluados por el método de Stengel (Stengel, 1988).

Para la medición de la infiltración y de la pérdida de suelo se empleó un microsimulador de lluvia (Iruetia y Mon, 1994). El mismo es un prisma cuadrado de 150 cm de altura y 25 cm de base, con estructura de hierro en ángulo, que sostiene paredes de acrílico transparente que actúan como rompevientos. En su parte superior se apoya la caja portagoteros, que posee una base en donde están 49 picos formadores de gotas. La caja tiene una alimentación de agua, proveniente de un reservorio colocado en una de las aristas de la estructura. Con este microsimulador se logró una lluvia de intensidad y duración conocida y constante. La altura de caída de las gotas fue de 1,5 m y para la subparcela de medición se tomó una superficie de 625 cm². El diámetro medio de las gotas fue de 4,7 mm, lo que permitió lograr una energía de 1,56 kJ m⁻² para una intensidad de 120 mm h⁻¹. Esta intensidad es habitual en las precipitaciones primavero-estivales y otoñales, las más abundantes de la Pampa ondulada. La duración de las lluvias fue de 60 minutos. En el punto de descarga de la parcela se colocaron recipientes de vidrio destinados a recolectar el excedente de agua cada cuatro minutos, determinándose el escurrimiento. El volumen de agua infiltrada se calculó por diferencia entre la precipitación y el agua escurrida. La cantidad de sedimentos totales por lluvia fue medida por gravimetría. En cada ocurrencia de lluvia simulada, en la subparcela de trabajo, se evaluó fitomasa aérea total de plantas forrajeras (por corte directo), altura de alfalfa (Barthram, 1986) y porcentaje de cobertura basal de la mezcla forrajera. Asimismo, se midió la humedad edáfica actual (gravimetría).

El procesamiento y análisis de los datos se realizó mediante ANOVA (SGC, 1987) y las medias se trataron por el método de Tukey ($p < 0,05$). Se realizaron análisis de correlación y regresión lineal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mediciones efectuadas luego del séptimo paso de animales revelan que hubo aumento de la densidad aparente en los tratamientos que soportaron pisoteo, en relación al valor registrado para T4 (Tabla 1). Es evidente que la capa edáfica superficial experimentó una disminución volumétrica por efecto del impacto de la pezuña animal. No se hallaron, en cambio, diferencias significativas en los valores de densidad aparente entre T1, T2 y T3. Esto último indicaría una baja acción protectora de la vegetación frente a la compactación superficial, aspecto que contrasta con los resultados obtenidos por otros investigadores (Brown, 1968; Wood y Blackburn, 1984).

TABLA 1

Modificación de algunas propiedades físicas e hídricas de un suelo Argiudol vértico y de parámetros de la vegetación por acción del pisoteo de hacienda vacuna

Modification of some physical and hydraulic properties of a Vertic Argiudol soil and vegetation parameters by the action of cattle treading

	Tratamientos			
	Suelo desnudo	Con Pisoteo		Sin Pisoteo
		Vegetación a 2 cm	Vegetación normal	Vegetación normal
	T1	T2	T3	T4
Densidad aparente (g cm ⁻³)	1,41 a	1,33 a	1,36 a	1,22 b
Porosidad total (%)	44,86 a	47,80 ab	47,06 ab	52,28 b
Porosidad estructural (%)	1,25 a	4,12 ab	3,34 ab	8,56 b
Agregados estables al agua (%)	8,1 a	10,7 ab	12,0 ab	18,1 b
Agregados estables al alcohol (%)	28,4 a	39,7 ab	40,5 ab	52,6 b
Humedad antecedente (%)	20,1 a	24,7 a	20,7 a	21,22 a
Infiltración total (%)	19,2 a	24,4 a	42,5 b	57 c
Sedimentos producidos (t ha ⁻¹)	7,04 a	1,12 b	0,64 b	0,32 b
Materia seca aérea (g/625cm ²)	--	25,2 a	63 b	85,3 c
Cobertura basal (%)	--	5 a	12 b	45 c
Altura vegetación (cm)	--	2,15	12,41 b	16,03 c

Los valores medidos de porosidad total, porosidad estructural y porcentajes de agregados estables al agua y al alcohol mostraron tendencias similares en el comportamiento general. En tales propiedades existieron diferencias entre el suelo sin vegetación y los demás tratamientos, si bien sólo resultaron significativas al comparar T1 y T4. Prácticamente no hubo divergencias entre T2 y T3; pero parecieron existir - aunque

sin significancia estadística- entre estos últimos dos tratamientos y T1. Los resultados sugieren una acción negativa de la compactación por pisoteo sobre la porosidad estructural y la estabilidad de agregados.

Fies *et al.* (1972) definen a la porosidad estructural como «el conjunto formado por las grietas entre elementos de la estructura, los volúmenes libres resultantes de la repartición en el espacio de los terrones y la tierra fina y los tubos y cuevas de origen biológico y pedológico». Este tipo de porosidad es la más modificable con el manejo antrópico (Pecorari *et al.*, 1990). Tal aseveración se confirma en el presente trabajo; las diferencias de porosidad total entre las situaciones bajo pisoteo y el tratamiento sin tránsito de animales (Tabla 1) deben atribuirse a las modificaciones ocurridas en la porosidad estructural. Así, el conjunto de poros que constituye a esta última se presenta disminuido en 85,4 %; 51,9 % y 61 % en T1, T2 y T3, respectivamente, con respecto a T4. Es inmediato que una alta proporción de los poros estructurales ha colapsado por acción del impacto de la pezuña animal.

Como resultado de la acción combinada del pisoteo y de la ausencia de vegetación, se ha constatado una disminución del 55,2 % en la estabilidad de los agregados al agua y del 46 % en la estabilidad de los agregados al alcohol, en relación al tratamiento no pisoteado con vegetación normal. Es sabido que las raíces de las plantas contribuyen a incrementar la estabilidad estructural (Braunack y Dexter, 1989; Oades, 1993) y que el contacto de la pezuña en movimiento con la superficie del suelo es capaz de provocar la destrucción de los agregados existentes, afectando negativamente a las fuerzas que mantienen la estabilidad (Mullen *et al.*, 1974; Warren *et al.*, 1986). Debe tenerse en cuenta, además, el efecto incremental de la reiteración del pisoteo sobre el parámetro edáfico en consideración. Así, en otro experimento, este mismo grupo de trabajo halló acción negativa del pisoteo bovino sobre la estabilidad de los agregados luego de tres a siete ocasiones de tránsito de los animales (Zerpa *et al.*, 1997).

Debe destacarse que, tanto para la fitomasa aérea como para la cobertura basal, hubo diferencias con significancia estadística entre T2, T3 y T4. En el caso de T2, los resultados obtenidos son fundamentalmente atribuibles a las características experimentales (las mediciones se realizaron con la vegetación cortada a 2 cm del suelo). En cambio, puede afirmarse que las diferencias entre T3 y T4 se originaron como consecuencia de las acciones ejercidas por el animal sobre la vegetación. Este comportamiento coincide con el observado en otro trabajo de estos autores (Sosa *et al.*, 1995). Allí se postula, como hipótesis probable, que la menor abundancia de plantas y la menor fitomasa registrada en los tratamientos bajo pisoteo se debieron a una condición menos favorable para el desarrollo radical en todas las especies y para la germinación otoñal de *Bromus catharticus*.

Para el parámetro altura de vegetación sólo se analizaron estadísticamente las mediciones correspondientes a T3 y T4. Se excluyó a T2 porque, precisamente, el tratamiento requería una altura de la vegetación próxima a los 2 cm. Los resultados permiten inferir que el tránsito animal provoca disminución en el porte del tapiz. Ello concuerda con lo observado por Clary (1995), quien afirma que la reducción de la altura de la vegetación forrajera bajo pastoreo directo es una consecuencia de la compactación por pisoteo.

En la Tabla 1 queda también en evidencia que las tasas de infiltración totales fueron significativamente diferentes entre T3 y T4, con una mayor captación de agua por el perfil en T4. Esto indica que la densificación por tránsito afectó negativamente a la capacidad de infiltración del suelo. Además, los porcentajes de infiltración medidos al cabo de 60 minutos manifestaron divergencias entre T1 y T3 y el análisis estadístico reveló altas correlaciones lineales entre fitomasa aérea (x) e infiltración (y) ($R^2 = 0,9679$; $y = 16,38 + 0,45 x$; $n = 12$; $r = 0,9838$; $P < 0,05$) y entre cobertura basal (x) e infiltración (y) ($R^2 = 0,8638$; $y = 23,47 + 0,79 x$; $n = 12$; $r = 0,9294$; $P < 0,05$). Todo esto permite inferir que la vegetación de altura normal ejerció una acción positiva en la captación de agua por el perfil. Al respecto, Green *et al.*, (1994) han propuesto que la vegetación incrementa la infiltración de agua mediante dos acciones: a) por encauzamiento debajo de sus tallos y b) por poseer macroporos en la base de las plantas a través de los cuales el agua puede entrar rápidamente en el suelo.

Por otra parte, la evolución de la tasa de infiltración en el tiempo (Fig. 1) fue diferente entre los tratamientos. Luego de los primeros cuatro minutos, la curva refleja una situación disímil en los porcentajes de agua infiltrada entre los tratamientos con vegetación (97,4 % en T4; 95,6 % en T3; 87,6 % en T2) y las parcelas con suelo desnudo (53 %). Esto indica que la vegetación ejerció una acción positiva sobre la penetración de agua al perfil, prácticamente desde el inicio de la precipitación simulada.

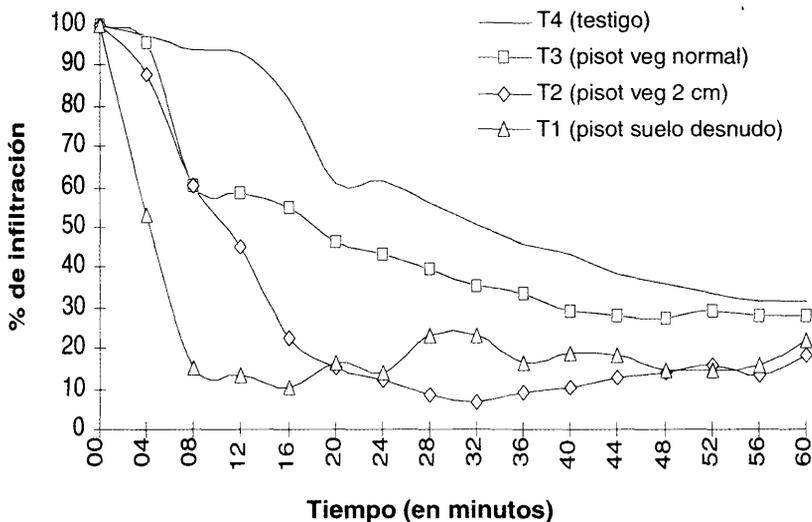


FIGURA 1

Evolución en el tiempo de la tasa de infiltración bajo diferentes tratamientos de pisoteo por hacienda vacuna

Evolution with time of the infiltration rate under different treatments of cattle treading

Entre los cuatro y los ocho minutos de comenzada la lluvia, el declive de la tasa de agua infiltrada fue similar para T3, T2 y T1, manifestándose un comportamiento diferente en el tratamiento sin tránsito de animales, en donde la disminución de la infiltración en el tiempo fue marcadamente más paulatina. Ello podría explicarse por la mayor cobertura basal, una mejor estructura de la cubierta herbácea y un porcentaje más elevado de porosidad estructural; circunstancias que habrían favorecido la disipación de la energía cinética de las gotas de lluvia, la retención en la masa foliar de parte de la precipitación caída y la penetración de agua en el perfil. Tales explicaciones servirían, asimismo, para justificar que, en líneas generales, el declive de la tasa de infiltración en T4 se mantiene moderado a lo largo de toda la duración de la lluvia.

Después de los primeros ocho minutos, la disminución del porcentaje de infiltración se tornó moderada en T3. En tanto, en T2, la penetración de agua al perfil -que a los ocho minutos fue prácticamente idéntica a la de T3 (alrededor de 60 %)- continuó decayendo sostenidamente luego del mismo período. A partir de los veinte minutos, con un valor de infiltración del 15,3 %, la curva se estabilizó. No existiendo diferencias significativas en los parámetros físicos del suelo entre T3 y T2, es inmediato que la diferente evolución de los tenores de agua infiltrada debe explicarse por la retención de agua ejercida por la

vegetación -mayor en T3-, lo que se deduce, particularmente, a partir de los valores más altos de fitomasa aérea y de altura del dosel. Para el tratamiento con suelo desnudo, la tasa de infiltración medida a los ocho minutos fue de 15,1 %. A partir de allí la curva adquiere un carácter estable. La ausencia de vegetación y las inadecuadas condiciones físicas del suelo superficial justifican este comportamiento.

Por último, el análisis de la Tabla 1 revela, además, que la producción de sedimentos fue marcadamente más elevada en el tratamiento con suelo desnudo que en los otros. En la Figura 1 puede verse que a partir de los ocho minutos de iniciado el ensayo el escurrimiento se mantuvo en T1 en porcentajes mayores al 75 %. La diferencia entre T1 y los demás tratamientos en cuanto al total de sedimentos producidos es atribuible fundamentalmente a la vegetación. En T1, el agua escurrida superficialmente, al no encontrar un tapiz vegetal que obstaculizara su desplazamiento ni ejerciera un efecto cobertor, arrastró una mayor cantidad de sedimentos.

CONCLUSIONES

Bajo tránsito animal reiterado en condiciones de elevada humedad edáfica, se concluye que:

- El pisoteo conduce al aumento de la densidad superficial del suelo y a la disminución de la tasa de infiltración.
- La presencia de vegetación incrementa la infiltración, pudiendo no ejercer acción protectora alguna frente a la densificación de la capa superficial del suelo.
- El pisoteo en un suelo exento de cobertura vegetal disminuye los niveles de porosidad y de estabilidad de los agregados; la desmejora verificada en la porosidad debe atribuirse a una variación negativa en el número de poros estructurales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTHAM, B.P., 1986. *Experimental technique: the HFRO sward stick*. Biennial Report Hill Farming Research Organization 1984-1985, 39 pp. London (United Kingdom).
- BRAUNACK, M. V.; DEXTER, A. R. 1989. Soil aggregation in the seedbed: A review. I Properties of aggregates and bed of aggregates. *Soil and Tillage Research*, **14**, 259-279.
- BROWN, K. R., 1968. The influence of herbage height at treading and treading intensity on the yields on the yields and botanical composition of a perennial ryegrass-white clover pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **11**, 131-137.
- CHAGAS, C. I.; SANTANOGLIA, O. J.; GUTIÉRREZ, R., 1993. Propiedades físicas y biológicas de un

- Argiudol vértico erosionado bajo pradera. *Investigación agraria: Producción y Protección Vegetales*, **8** (1), 79-87.
- CLARY, W. P., 1995. Vegetation and soil responses to grazing simulation on riparian meadows. *Journal of range Management*, **48** (1), 18-25.
- DICKSON, I. A.; FRAME, J.; ARNOT, D. P., 1982. Mixed grazing of cattle and sheep versus cattle only in an intensive grassland system. *Animal Production*, **33**, 265-272.
- FERRERO, A. F., 1991. Effect of compaction simulating cattle trampling on soil physical characteristics in woodland. *Soil and Tillage Research*, **19** (2-3), 319-329.
- FIES, G.; HENIN, S.; MONNIER, G., 1972. Etude de quelques lois régissant la porosité des matériaux meubles. *Annales Agronomiques*, **23** (6), 621-653.
- GARCÍA TOBAR, J. A., 1985. El futuro de la ganadería en las zonas agrícolas. *Revista Argentina de Producción Animal*, **4** (2), 3-31.
- GÁRGAMO A.; LABORDE, H. E.; ADURIZ, M. A., 1988. Evaluación de cuatro gramíneas templadas perennes. 1- Rendimiento de materia seca. *Revista Argentina de Producción Animal*, **8** (5), 377-384.
- GESCHE, C.; OSSADIN E.; BENAVIDEZ C.; RIVEROS E., 1993. Efecto del tránsito bovino sobre la compactación del suelo de una pradera sembrada. *Avances en Producción Animal*, **18** (1-3), 31-38.
- GREEN, R. S. B.; KINSELL, P. I. A.; WOOD, N. T., 1994. Role of plant cover and stock trampling on runoff and soil erosion from Semi-arid Wooded Rangelands. *Australian Journal of Soil Research*, **41**, 279-290.
- HENIN, S.; GRAS, R.; MONNIER, G., 1972. *El perfil cultural, el estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas*. Ed. Mundi Prensa, 340 pp. Madrid (España).
- IRURTIA, C.; MON R., 1994. Microsimulador de lluvia para determinar infiltración a campo. *INTA - CIRN. Instituto de suelos*, **16**.
- KOPPI, A. J.; DOUGLAS, T.; MORAN, C. J., 1992. An image analysis evaluation of soil compaction in grassland. *Journal of Soil Science*, **43** (1) 15-25.
- LAVADO, R. S., 1992. La fertilidad del suelo y la producción forrajera (Conferencia). *Resúmenes del Primer Congreso Mundial sobre producción, utilización y conservación de forrajes empleados en la alimentación de la ganadería vacuna*, 11-34. 4, 5 y 6 de noviembre de 1992. Buenos Aires (Argentina).
- MATCHES, A. G., 1982. Plant response to grazing: a review. *Journal of Production Agriculture*, **5** (1), 1-7.
- MOSCONI, F. P.; PRIANO, J. J.; HEIN, N. E.; MOSCATELLI, G.; SALAZAR, J. C.; GUTIÉRREZ, T.; CÁCERES, L., 1981. *Mapa de suelos de la Provincia de Santa Fe*. Tomo 1. Ed. INTA-MAG, 248 pp. Santa Fe (Argentina).
- MULHOLLAND, B.; FULLEN, M. A., 1991. Cattle trampling and soil compaction on loamy sands. *Soil Use and Management*, **7** (4), 189-193.
- MULLEN, G. J.; JELLEY, R. M.; Mc ALEESE, D. M., 1974. Effects of animal treading on soil properties and pasture production. *Irish Journal of Agricultural Research*, **13**, 171-180.
- NGUYEN, M. L.; SHEATH, G. W.; SMITH, C. M.; COOPER, A. B., 1998. Impact of cattle trading on hill land 2. Soil physical properties and contaminant runoff. *New Zeland Journal of Agricultural Research*, **41**, 279-290.
- OADES, J. M., 1993. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma*, **56**, 377-400.
- PECORARI, C., 1988. Inestabilidad estructural de los suelos de la Pampa Ondulada. *Informe Técnico. INTA EEA Pergamino*, **216**.

- PECORARI, C.; GUERIF, J.; STENGEL, P., 1990. Fitólitos en los suelos pampeanos: influencia sobre las propiedades físicas determinantes de la estructura. *Ciencia del Suelo*, **8** (2), 135-141.
- PROFFIT, A. P. B.; BENDOTT, S.; HOWELL, M. R.; ESTHAM, E., 1993. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a red-brown earth. *Australian Journal of Agriculture Research*, **44**, 317-331.
- PURICELLI, C. A., 1985. La agricultura rutinaria y la degradación del suelo en la Región Pampeana. *Revista Argentina de Producción Animal*, **4** (2), 33-48.
- RAUZI, F.; HANSON C.L., 1966. Water intake and runoff as affected by intensity of grazing. *Journal of Range Management*, **19**, 351-356.
- ROMERO, N., 1988. Investigaciones y procesos en el manejo de la alfalfa (Conferencia). *Revista Argentina de Producción Animal*, **8** (6), 547-519.
- SAUZANO, G. A.; FADDA, G. S.; CÁCERES, M. R., 1997. Influencia de las pasturas en algunas propiedades de suelos del noroeste argentino. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, **74**, 65-69.
- SCHOLEFIELD, D.; HALL, D. M., 1986. A recording penetrometer to measure the strength of soil relation to the stresses exerted by walking cow. *Journal of Soil Science*, **37**, 165-172.
- SGC (STATISCAL GRAPHICS CORPORATION), 1987. *Statiscal Graphics System*. User's guide. Statiscal Graphics Corporation.
- SNAYDON, R. W., 1981. The ecology of grazed pastures. Chapter 2. En: *World Animal Science. B1. Grazing Animals*, 13-31. Ed. Elsevier Science Publishers. Amsterdam (Holanda).
- SOSA, O.; MARTIN, B.; ZERPA, G.; LAVADO, R., 1995. Acción del pisoteo de la hacienda sobre el suelo y la vegetación: influencia de la altura del tapiz. *Revista Argentina de Producción Animal. Memorias XIV Reunión Latinoamericana de Producción Animal. XIX Congreso Argentino de Producción Animal*, 252-255.
- STENGEL, P., 1988. Análisis de la porosidad en horizontes de un suelo Brunizem (Serie Pergamino) en distintas condiciones de manejo y sus relaciones con el crecimiento de las raíces de maíz. *Informe Técnico. INTA EERA Pergamino*, **211**, 1-22.
- TABOADA, M. A.; LAVADO, R. S., 1993. Influence of cattle trampling on soil porosity under alternate dry and ponded conditions. *Soil Use and Management*, **9** (4), 139-143.
- WARREN, S.; NEVILL, M.; BLACKBURN, W.; GARZA, N., 1986. Soil response to trampling under intensive rotation grazing. *Soil Science Society of America Journal*, **50**, 1336-1341.
- WATKIN, B. R.; CLEMENTS, R. J., 1978. The effects of grazing animals on pasture. En: *Plant Relations in Pastures*, 273-289. Ed. J. R. WILSON. CSIRO. Melbourne (Australia).
- WOOD, M. K.; BLACKBURN, W. H., 1984. Vegetation and soil responses to cattle grazing systems in the Texas Rolling Planes. *Journal of Range Management*, **37**, 303-308.
- ZERPA, G.; SOSA, O.; MARTÍN, B., 1997. Acción del pisoteo de la hacienda sobre la actividad estructural de un suelo. *Actas IV Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo y Reunión Internacional de Rizosfera*, Universidad de Matanzas, 5, 6 y 7 de noviembre de 1997. Matanzas (Cuba).

EFFECT OF CATTLE TREADING ON INFILTRATION VELOCITY AND OTHER PHYSICAL PROPERTIES OF THE SOIL

SUMMARY

The effect of cattle treading on physical properties and infiltration velocity was studied in a Vertic Argiudoll soil. The pasture was a mixture of *Medicago sativa* L., *Trifolium pratense* L., *Festuca arundinacea* Schreb. and *Bromus catharticus* Vahl. A completely randomized design was used with three replications and plots of 1 m x 15 m. Four treatments were allocated: 1) bare soil with treading (T1); 2) 2 cm vegetation height at treading (T2); 3) Long vegetation (>10 cm) at treading (T3); and long vegetation (>10 cm) without treading (T4). In T1, T2 and T3 two cows walked ten times in each of the seven traffic opportunities considered.

Treading caused a high increase of superficial density and a reduction in the infiltration rate. Vegetation influenced positively on infiltration rate increase and reduced the sediment production.

Key words: Animal traffic, pasture, compaction.