EFFECTOS DE ALTERNATIVAS DE MANEJO PASTURIL SOBRE LA DENSIDAD APARENTE DE UN NATRACUALF

Gerardo Rubio y Raúl S. Lavado
Departamento de Suelos. Facultad de Agronomía. UBA.
Av. San Martín 4453. 1417 Buenos Aires

INTRODUCCION

El pastoreo causa un importante disturbio en la superficie del suelo. Uno de los efectos directos más comunes que produce la acción de la pezuña animal es la compactación (Warren et al., 1986; Willatt y Pullar, 1983). La magnitud de este disturbio depende de factores edáficos y extraedáficos. Entre los primeros se destaca el contenido hídrico: la sensibilidad a la compactación se incrementa con la humedad (Lull, 1959). Cuando los animales pisotean suelos muy húmedos se puede producir un severo deterioro físico-mecánico (Scholefield y Hall, 1986). Entre los factores extraedáficos puede destacarse la carga animal: a menudo se encuentran altas correlaciones entre ella y el grado de deterioro físico del suelo (Van Haveren, 1983; Willatt y Pullar, 1983).

La densidad aparente ha sido uno de los parámetros más utilizados para describir los fenómenos de compactación, ya que refleja principalmente el volumen de poros existente en el suelo. Por otro lado, la resistencia a la penetración es sensible a la presencia de planos de fractura o debilidad, resultando un indicador confiable del mejoramiento estructural (Voorhess, 1983). Ambos parámetros varían en forma inversa con el contenido hídrico del suelo (Davidson, en Black, 1965; Laycock y Conrad, 1967). Algunos autores señalan la existencia de una relación directa entre ambas determinaciones (Cruse et al., 1981; Christensen et al., 1989), mientras que otros no encontraron esa relación (Hoffmann y Ries, 1988).

El sector Oeste de la Pampa Deprimida se caracteriza por la dominancia de suelos con horizonte nártrico, y presencia de tosca cercana a la superfi-

cie (Moscatelli et al., 1980). Al igual que en el resto de la región, la actividad económica más importante es la pecuaria. Esta actividad se desarrolla principalmente mediante pastoreo directo de los pastizales naturales (León et al., 1984). Los animales transitan y pisotean el suelo en forma continua, por lo que el pastoreo constituye la modificación más importante para los suelos. Por otro lado, elevados tenores de sodio intercambiable afectan las propiedades físicas de los suelos (Shainberg y Letey, 1984). Por ello, el efecto de la pezuña animal podría tener mayor impacto en estos suelos alcalinos. Bajo estas premisas se diseñó el presente estudio con el objeto de analizar la acción del pisoteo sobre los fenómenos de compactación del suelo y su posterior regeneración, bajo la influencia de alternativas de manejo pasturil.

MATERIALES Y METODOS

Lugar de trabajo y suelo: Los seguimientos se realizaron en un establecimiento rural ubicado en la localidad de M. Colman, partido de Rauch (Provincia de Buenos Aires). El suelo es un Natracualf mólico, con tosca a 1m. La pendiente es del 0.12 % y presenta encharcamiento temporario. Luego de un relevamiento preliminar de suelos y vegetación, se seleccionaron dos lotes cercanos con similares suelos, vegetación y tipo de pastoreo. No se registran antecedentes de cultivos. Las principales características del perfil figuran en la Tabla 1. La vegetación del pastizal natural se caracteriza por las siguientes especies: *Paspalidium paludivagum*, *Leersia hexandra*, *Distichlis sp.*, *Hordeum pusillum*, *Carex sp.* y *Lolium multiflorum*.

Tabla 1. Características del perfil.

Hori- zonte	Prof. cm	Cl. textural	C. total %	C. elect. dS/m	pH	RAS 1:2.5
A	0-9	Franco arenoso	1.70	1.2	7.6	7.8
BA	10-18	Franco	0.99	1.3	9.5	20.9
Bt	19-42	Arcilloso	-	2.4	9.8	33.9
Btk	43-56	Franco arcilloso	-	2.1	9.8	16.9
Bckm	56+	Franco	-	2.2	9.5	17.5

Tratamientos: Se compararon los siguientes: a) Area bajo pastoreo continuo (APC): se trata de un lote que es pastoreado en forma ininterrumpida durante todo el año. La carga animal promedio es de 0.5 Equivalente Vaca/año/ha. b) Area bajo pastoreo rotativo (APR): El manejo consistió en intercalar pulsos de pastoreo animal con alta carga instantánea cuya duración tuvo un promedio de 10 días con períodos de no ocupación del lote (promedio 80 días). La carga promedio resultante fue de 0.6 Equivalente Vaca/año/ha. c) Area no pastoreada (ANP): En un sector de lote destinado al tratamiento anterior, se estableció una parcela de 2 ha, protegida del acceso del ganado. Previamente a la iniciación de este trabajo, las áreas ocupadas por los 3 tratamientos recibían un manejo similar al descripto para el tratamiento a). El pastoreo fue ejecutado predominantemente por ganado ovino.

Muestreo y análisis: Se tomaron muestras de suelos en tres profundidades, en forma periódica desde octubre de 1987 hasta abril de 1989. En cada fecha se extrajeron al azar la siguiente cantidad de muestras de suelo no disturbado, por tratamiento: cinco muestras de los primeros 4 cm, entre 2 y 5 muestras de los primeros 10 cm y 2 muestras de 10 cm de profundidad, del horizonte Bt. A tal efecto se utilizaron cilindros de 300 cm³ en el primer caso y de 800 cm³ en los restantes. Se determinó el contenido de humedad (secado en estufa a 105° C) y la densidad aparente (Blake, en Black, 1965). Se midió la resistencia a la penetración con penetrómetro Proctor (Davidson, en Black, 1965). En cada situación se efectuaron 30 determinaciones al azar. Los resultados fueron procesados estadísticamente mediante análisis de regresión, análisis de varianza y test de DMS. Las ecuaciones de ajuste resultantes de las regresiones fueron comparadas por sus varianzas residuales, pendiente y elevación de la misma.

RESULTADOS Y DISCUSION

La densidad aparente presentó estrecha corre-

lación con el contenido hídrico del suelo. Para separar este efecto del debido al pisoteo (Leycock y Conrad, 1967; Taboada y Lavado, 1988), los valores de densidad aparente se ajustaron por el contenido hídrico promedio de cada grupo a comparar (Christensen et al., 1988). De esa manera, la densidad aparente de las muestras del horizonte A se ajustó a un contenido hídrico de 24,98 % p/p y la de muestras del horizonte B a 38,45 % p/p. No se hallaron diferencias significativas entre las líneas de ajuste correspondientes a las profundidades 0-4 y 0-10 cm en ningún tratamiento. Por ello, los datos fueron reunidos para obtener una ecuación única de ajuste. En cambio cuando se consideraron los tratamientos, en lugar de las profundidades, se encontró que las líneas de ajuste para los tratamientos ANP y APR diferían del tratamiento APC. De esta forma los datos de los tratamientos ANP y APR, para las profundidades 0-4 y 0-10 se ajustaron con la siguiente ecuación:

$$\text{Dens. Ap.} = 1.35 - 0.0076 \text{ Cont. hídric. (r: 0.70**)}$$

El tratamiento APC se ajustó con la ecuación:

$$\text{Dens. Ap.} = 1.56 - 0.012 \text{ Cont. hídric. (R: 0.79**)}$$

Para el horizonte Bt, se utilizó una única ecuación:

$$\text{Dens. Ap.} = 1.74 - 0.018 \text{ Cont. hídric. (r: 0.96**)}$$

La resistencia a la penetración también varió en forma muy significativa con el contenido hídrico por lo cual se uniformizaron sus valores a la media de la humedad presente. La ecuación de ajuste fue:

$$\text{Resis. Penetr.: } 17.77 - 0.44 \text{ Cont. hídric. (0.92**)}$$

En la Tabla 2 se presentan los datos de densidad aparente ajustada (DAA). En la profundidad 0-10 cm la DAA no difirió significativamente entre tratamientos. Esto indicaría que en esta profundidad, que engloba al horizonte A, este parámetro está gobernado básicamente por factores ambientales. Este panorama se repite en el caso del horizonte Bt. La profundidad de 0-4 cm fue tomada para estudiar con detalle el efecto de la pezuña animal.

En la tabla se observa que los tratamientos ANP y APR no presentaron diferencias significativas entre sí en ninguna fecha de medición. Cabe destacar que las determinaciones efectuadas escasos días después del período de ocupación del lo-

Tabla 2. Valores medios y errores standard de la densidad aparente ajustada por contenido hídrico, en función del tiempo.

Tratamiento	1987		1988				1989				
	oct.		feb.	jun.	nov.	abr.					
	X	E.S.	X	E.S.	X	E.S.	X	E.S.			
0 - 4 cm	ANP	1.17	0.03	1.18	0.03	1.17	0.03	1.08	0.03	1.18	0.04
	APR	1.21	0.03	1.12	0.03	1.13	0.01	1.14	0.03	1.11	0.04
	APC	1.22	0.03	1.14	0.01	1.30*	0.03	1.17	0.01	1.37*	0.01
0 - 10 cm	ANP	1.09	0.04	1.09	0.04	1.24	0.03	1.06	0.04	1.08	0.04
	APR	1.11	0.01	1.16	0.03	1.25	0.03	1.13	0.02	1.14	0.02
	APC	1.15	0.04	1.16	0.03	1.27	0.01	1.15	0.12	1.20	0.03
Hor. Bt	ANP	1.09	0.02	1.08	0.03	1.09	0.01	1.05	0.00	1.00	0.06
	APR	0.97	0.05	1.04	0.03	1.07	0.02	1.07	0.02	0.96	0.05
	APC	1.05	0.01	1.00	0.04	0.99	0.00	1.03	0.02	1.00	0.02

*) Diferencia significativa (α 0.05). ANP: Area no pastoreada. APR: Area bajo pastoreo rotativo. APC: Area bajo pastoreo continuo.

te (oct. 87 y nov. 88), no mostraron efectos inmediatos del sometimiento del suelo a altas cargas instantáneas. En un trabajo realizado en forma simultánea con el presente, Rossi et al., (1989) encontraron que la productividad primaria neta del pastizal fue similar en el área no pastoreada y en el área con pastoreo rotativo. Es decir no hubo diferencia entre los tratamientos ANP y APR.

El tratamiento APC, en cambio, sufrió incrementos en los valores de DAA. Los períodos con valores de DAA más elevados (junio 1988 y abril 1989) se encontraron en fechas siguientes a períodos con alta humedad edáfica (Tabla 3). En el pri-

Tabla 3. Contenido hídrico promedio del horizonte A (% p/p) y lluvias acumuladas entre fechas (mm.)

Contenido hídrico	1987	1988				1989
	oct.	feb.	abr.	jun.	nov.	abr.
Contenido hídrico	16.55	26.19	32.04	32.23	17.11	20.15
Lluvias	-	724	270	80	254	399

mer caso, el ascenso de la DAA se asocia a los elevados contenidos hídricos medidos en febrero y abril de 1988. En la segunda fecha se asocia a la probable alta humedad presente en el suelo como resultado de la elevada precipitación pluvial caída entre febrero y marzo de 1989 (250 mm). Esta condición es coincidente con una mayor sensibilidad mecánica del suelo a sufrir daño estructural (Lull, 1959). Por otra parte, debido a que las va-

riaciones en la DAA se manifestaron en forma de pulsos (marcados ascensos y descensos), se comprueba que el tiempo requerido para la restauración de la porosidad, luego de la compactación, es breve. Taboada y Lavado (1988) también observaron en el centro de la región, unos 90 km al oeste del presente sitio, que los períodos de restauración eran cortos. En ese caso, a diferencia del presente, la compactación debida al pisoteo se manifestó en verano, con el suelo seco, luego del encharcamiento invierno-primaveral. El valor RAS del tratamiento APC tuvo cierta fluctuación a través del tiempo (Lavado et al., 1990). En algunas fechas (junio 1988, por ejemplo) el incremento de la densidad aparente estuvo vinculado con incrementos en el valor RAS. En otras fechas la relación densidad aparente-RAS no fue definida.

A la luz de estos resultados se puede plantear que, en las condiciones de suelo y ambiente estudiadas, la carga animal no fue suficiente, para que el pisoteo de la hacienda ovina cambiara significativamente la densidad aparente. Para afectar este parámetro sería necesario que la acción de los animales se prolongue en forma extendida en el tiempo. De esta manera, se produciría una degradación progresiva de las condiciones estructurales de los suelos, aumentando el grado de susceptibilidad ante el pisoteo animal. En cambio, manejos de hacienda tal como los planteados en el pastoreo rotativo, al establecer períodos de descanso prolongados, no permitiría la existencia de esas condiciones de susceptibilidad. Lazzari (1982) también destacó la importancia del factor tiempo de

ocupación en la acción del pisoteo. Observó, en un suelo de la Pampa Ondulada, que este factor ejercía mayor influencia que la carga animal promedio sobre las variaciones de la densidad aparente. En cambio en otras condiciones, algunos autores (Warren et al., 1986) señalan que el pastoreo rotativo ocasiona incrementos en la densidad aparente del suelo.

Tabla 4. Resistencia a la penetración superficial ajustada por contenido hídrico gravimétrico (26.84 % p/p). Valores expresados en Mpa.

Tratamiento	1987		1988		
	jul.	oct.	abr.	jun.	nov.
ANP	7.34	3.94	8.01	5.37	6.76
APR	—	7.75	3.56	5.56	7.52
APC	8.08	5.70	6.06	3.91	7.58
DMS (α 0.05)	2.5	1.07	1.04	1.28	1.24

En la Tabla 4 son presentados los datos de resistencia a la penetración, ajustados por humedad (Christensen et al., 1989). Puede apreciarse que no se detectaron influencias de la modalidad de pastoreo sobre este parámetro. Por otra parte, y coincidiendo con lo hallado por Hoffmann y Ries (1988), tampoco se encontró correlación entre este parámetro y la DAA.

CONCLUSIONES

En las condiciones estudiadas, la porosidad del suelo en los primeros cuatro centímetros se redujo sólo bajo pastoreo continuo.

El pastoreo rotativo permitió el mantenimiento de la porosidad del suelo dentro de un rango similar a los hallados en áreas no pastoreadas.

La resistencia a la penetración superficial no mostró el efecto de distintas formas de pastoreo.

REFERENCIAS

- Blake, G. R., 1965. Bulk density. En Black, C. A. (Ed.). Methods of Soil Analysis, Part 1, Agronomy N° 9, Madison.
- Christensen, N. B., J. B. Sisson y P. L. Barnes, 1989. A method for analyzing penetration resistance data. Soil Tillage Res. 13: 83-91.
- Cruse, R. M.; D. K. Cassel; R. E. Stitt y F. G. Averette, 1981. Effect of particle surface roughness on mechanical impedance of coarse textured soil materials. Soil Sci. Soc. Am. J., 45: 1210-1214.
- Davidson, D. T., 1965. Penetrometer Measurements. En Black, C. A. (Ed.). Methods of Soil. Analysis, Part 1, Agronomy N° 9, Madison, Wisconsin.
- Hoffman, L. y R. E. Ries, 1988. Vegetation and animal production from reclaimed mined land pastures. Agron. J. 80: 40-44.
- Lavado, R. S., G. Rubio y M. Alconada, 1990. Changing soil salinity and alkalinity due to grazing. Aceptado para su presentación en el 14th International Congress of Soil Science. Kyoto, Japón.
- Laycock, W. A. y P. W. Conrad, 1967. Effect of grazing on soil compaction as measured by bulk density on a high cattle range. J. Range Management. 20: 136-140.
- Lazzari, J. E., 1982. Influencia de distintos tipos de pastoreo sobre algunas propiedades físicas del suelo. Trabajo de intensificación. Fac. Agronomía (UBA).
- León, R. J. C.; G. M. Rusch y M. Oesterheld, 1984. Los pastizales pampeanos, impacto agropecuario. Phytocoenología 12: 201-218.
- Lull, H. W., 1959. Soil compaction on forest and range lands. Forest Serv. USDA. Misc. Pub. N° 768.
- Moscatelli, G. M.; J. C. Salazar Lea Plaza; R. Godagnone; H. Grimberg; J. Ferrao; y M. Cuenca, 1980. Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires, escala 1:500.000. En Actas IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Paraná III, 1079-1089.
- Rossi, J. L.; L. P. Salgado; R. A. Cuesta y V. A. Deregibus, 1989. Efecto del pastoreo sobre la productividad primaria de un pastizal de la Pampa Deprimida. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 9 Supl. 1: 44-45.
- Scholefield, D. y D. M. Hall, 1986. A recording penetrometer to measure the strength of soil relation to the stresses exerted by a walking cow. J. Soil Sci. 37: 165-172.
- Shainberg, I. y J. Letey, 1984. Response of soils to sodic and saline conditions. Hilgardia 52: 1-57.
- Taboada, M. A. y R. S. Lavado, 1988. Grazing effects on soil bulk density in the Flooding Pampa of Argentina. J. Range Management, 41: 497-501.
- Van Haveren, B. P., 1983. Soil Bulk density as influenced by grazing intensity and soil type on a shortgrass prairie site. J. Range Management 36: 586-588.
- Voorhees, W. B., 1983. Relative effectiveness of tillage and natural forces alleviating wheel induced soil compaction Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 129-133.
- Warren, S. D.; M. B. Nevill; W. H. Blackburn y N. E. Garza, 1986. Soil response to trampling under intensive rotation grazing. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 1336-1340.
- Willat, S. T. y D. M. Pullar, 1983. Changes in soil physical properties under grazed pastures. Aust. J. Soil Res. 22: 343-348.