



DEGRADACION FISICA DE SUELOS EN PASTIZALES DEL SUR DEL CALDENAL

Echeverría, NE^{1*}; Silenzi, JC¹; Vallejos, AG; De Lucia, MP¹; Bouza, ME¹

¹Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur

* echeverr@criba.edu.ar; San Andrés 800 (8000) Bahía Blanca (BA); 0291-4595126

INTRODUCCION

En la región sur del Caldenal el pastoreo continuo con excesiva carga animal es una característica de los sistemas de producción en la región. La utilización de las tierras se reparte entre el uso pastoril y la agricultura de secano. La explotación ganadera constituye la principal actividad económica, basada en forma casi exclusiva en la utilización de pastizales naturales y, en menor proporción, en lotes con forrajeras cultivadas. La agricultura se basa fundamentalmente en la producción de trigo marginal y verdeos de invierno (SAGyP, 1995; Iurman, 2010).

El sobrepastoreo y la disminución en la frecuencia del fuego han producido cambios importantes en la vegetación natural y en los suelos, presentando la región un estado avanzado de degradación ecológica y desertificación (Busso, 1997). El pastoreo continuo puede alterar la composición florística de la vegetación del pastizal provocando el reemplazo de especies perennes de alto valor forrajero a especies de bajo valor forrajero (Moretto & Distel, 1997), en muchos casos con invasión de arbustos y parches de suelo desnudo (Schlesinger et al., 1990; Distel & Boó, 1995). Estos cambios en la vegetación disminuyen la productividad y originan alteraciones persistentes en las propiedades de los suelos, particularmente en el horizonte superficial, que causan degradación de los suelos e influyen en las propiedades hidrológicas de los mismos (Greenwood & Mc Kenzie, 2001; Villamil et al., 2001; Drewry, 2006). Otra práctica utilizada en la región, de forma irracional, es el desmonte para ampliar la frontera agrícola, lo que ha producido una importante degradación de las tierras. La utilización de estas tierras sin la aplicación de buenas prácticas para lograr un manejo agropecuario sustentable ha provocado un avanzado estado de degradación de los suelos que los hace muy susceptible a los procesos de erosión (Silenzi et al., 2000a y b, 2011).

Las investigaciones desarrolladas sobre pastizales naturales en la región se han centrado históricamente en los efectos de la herbivoría sobre la vegetación y la respuesta animal (Busso, 1997; Fernández et al., 2009). Si bien en los últimos años se ha comenzado a poner mayor interés en medir el impacto del uso de los pastizales sobre las propiedades del recurso suelo (Silenzi et al., 2000a y b; Villamil et al., 2001; Silenzi et al., 2011; Amiotti et al., 2012) no se cuenta en la zona con información suficiente sobre el efecto que estos disturbios provocan sobre la calidad de los suelos.

El paisaje más común en el área muestra la coexistencia de parches con distinta intensidad de pastoreo alternando con sectores donde la cubierta vegetal ha sido eliminada para realizar vías de acceso, picadas corta fuego o para uso agropecuario.

El objetivo de este trabajo fue determinar el grado de degradación física de los horizontes superficiales de un suelo representativo de pastizales naturales sujeto a distintas presiones de pastoreo y en condiciones de desmonte y labranza.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se llevó a cabo en un establecimiento agropecuario con una historia de pastoreo continuo con alta carga animal, ubicado al sureste de la provincia de La Pampa (38° 45' S, 63° 45' O). El clima según Thorntwaite es templado semiárido. La temperatura media anual es de 15,4°C. El promedio anual de precipitaciones varía entre 300 y 500 mm. El clima edáfico es ústico térmico en transición al arídico térmico. El relieve ligeramente ondulado con pendientes de 1 – 3 %. El material parental del suelo está constituido por sedimentos eólicos del holoceno. El perfil presenta una evolución incipiente con una secuencia de horizontes simple (A - C - Ck - 2Ckm). Los suelos donde se llevo a cabo la investigación clasificaron como Calciustoles petrocálcicos, franco grueso, térmica cuyas limitaciones son alta susceptibilidad a la erosión, baja capacidad de retención hídrica y la condición climática. La vegetación natural se compone de tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. La cobertura total de las especies leñosas es de 50-70 %, con una altura promedio de 2 m, mientras que el estrato herbáceo presenta una cobertura entre 35-50 %. El porcentaje de suelo desnudo promedia el 35 % (Bóo & Peláez, 1991).

Sitios de muestreo: Se seleccionaron cinco tratamientos que representan distintas condiciones de manejo: tres sitios bajo pastizal con niveles de deterioro crecientes inducidos según la intensidad del pastoreo y dos sitios donde la vegetación natural fue removida mecánicamente.

Pastizal pastoreado sin pisoteo (P): parches alejados de las picadas y aguadas con evidencias de escaso tránsito de animales, excelente cobertura vegetal y residuos de gramíneas con buena preferencia animal. Pastizal pastoreado y pisoteado (PP): parches pastoreados y transitados con intensidad moderada a una distancia media de los bebederos, buena cobertura de herbáceas con escaso residuo superficial. Pastizal fuertemente pastoreado y pisoteado (PP+): parches localizados cerca de picadas que conducen a los bebederos, con escasa cobertura y dominancia de pastos sin valor forrajero. Corta fuego pastoreado y pisoteado (CPP): picadas cubiertas por vegetación espontánea, en su gran mayoría herbáceas anuales, se realizan labranzas periódicas. Corta fuego recién arado (CA): se simuló la labor mecánica mediante una pala de punta (12 cm de profundidad) y posterior refinamiento con rastrillo. En la elección de los sitios se tuvo especial cuidado en mantener constante el tipo de suelo.

Se seleccionaron tres sitios por tratamiento y en cada uno se tomaron: a) 2 muestras compuestas a una profundidad de 0 - 50 mm para evaluar estabilidad estructural y densidad de partículas (Dp); b) 6 muestras no disturbadas para calcular densidad aparente (DA) y distribución del espacio poroso en las siguientes profundidades: 1-6; 6-12; 12-18; 18-24 cm. Las determinaciones realizadas en el laboratorio fueron: Estabilidad de agregados: método de De Leenher & De Boedt (1958) y los resultados se expresaron como CDMP: cambio en el diámetro medio ponderado (mm) ; Dp: método del picnómetro ($Mg\ m^{-3}$); DA: técnica del cilindro ($Mg\ m^{-3}$); PT: porosidad total del suelo calculada a partir de la DA y Dp (%); Distribución del espacio poroso (%) se consideró la clasificación propuesta por Greenland (1977), citada por Taboada y Micucci (2008): macroporos (> a 50 μm), calculados a partir de los contenidos volumétricos de agua a potenciales de 0 y -6,3 kPa, mesoporos mayores (de 50 a 9 μm) y mesoporos menores (de 9 a 0,2 μm) desde los potenciales de -6,3 y -33 kPa y de -33 a - 1500 kPa, respectivamente y microporos (< 0,2 μm) desde - 1500 kPa.

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado con 5 tratamientos y 3 repeticiones. Los análisis estadísticos fueron realizados mediante el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2009)

RESULTADOS Y DISCUSION

La composición granulométrica del horizonte superficial fue similar entre tratamientos, mostrando textura franco arenosa con contenidos medios de arcilla y limo del orden de 100 y 230 g kg⁻¹.

El impacto del uso del suelo sobre la estabilidad de los agregados en la capa superficial del suelo queda reflejado al analizar los valores de CDMP. Los mismos manifiestan diferencias significativas. El promedio de CDMP fue: 0,99a; 1,29b; 1,96c; 1,29b y 1,39b para P; PP; PP+; CPP y CA. En la situación bajo pastizal hay un aumento significativo en el CDMP de 30 y 98 % para PP y PP+ respecto de P, mientras que en la condición de desmonte, CPP y CA no difieren entre sí pero sí lo hacen con P y PP+ mostrando un cambio con respecto a P entre 30 y 40 %. Estos resultados indicaron una importante degradación de la estructura en la capa superficial del suelo a medida que aumenta el disturbio con mayor incidencia en condiciones de pastoreo y tránsito intenso. Valores semejantes de CDMP han sido determinados por otros autores para suelos y manejos de la región (Villamil et al., 2001; Silenzi et al., 2000b; Silenzi et al., 2011). Villamil et al., (2001) indicaron una importante degradación de la estructura, en todo el horizonte superficial, consecuencia del uso de pastoreo continuo con alta carga animal. Silenzi et al., (2011) proponen que por su sensibilidad para reflejar variaciones de manejo antropogénicos a corto y mediano plazo, la estabilidad de agregados debería ser incorporada como un indicador de la sustentabilidad ambiental.

En la Tabla 1 se muestran los resultados promedios de la densidad aparente (DA) y la Porosidad total (PT) a diferentes profundidades con su significancia estadística. Se observa que la DA aumentó con el grado de disturbio en los primeros 12 cm de profundidad. En la condición de pastizal, el impacto del pastoreo se refleja hasta una profundidad de 12 cm. En los primeros 6 cm del horizonte superficial hubo diferencias significativas para los tres tratamientos, con aumentos en la DA de 15 y 28 % para PP y PP+ respecto de P. Entre los 6 y 12 cm de profundidad las diferencias significativas fueron solo entre P y PP+, con un aumento de 11% mientras que PP mantuvo un comportamiento intermedio. En la situación de desmonte, para el espesor comprendido entre 1 y 12 cm, la DA de CPP y CA mostraron valores más altos que P pero menores a PP+. A pesar de que CPP es un tratamiento con muy alto disturbio, los valores de DA superficiales fueron menores ($p < 0,05$) a los de PP+. Esta diferencia puede ser causada por el efecto de "aflojamiento" generado por las labranzas realizadas periódicamente para controlar el crecimiento de la vegetación y mantener la condición de picada corta fuego. Sin embargo a nivel sub superficial el sitio CPP mostró una DA más alta que los demás tratamientos, probablemente consecuencia del efecto del tránsito de animales y maquinarias. Por otro lado, los valores para el sitio CA parecen altos para un suelo arado recientemente, al respecto hay que tener en cuenta que los cilindros para evaluar la DA fueron tomados después de 60 mm de lluvia. Por lo tanto se atribuye esta compactación al efecto de compresión producido por el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo. En la profundidad de 18 a 24 cm todos los tratamientos presentan valores similares. Para la misma ecoregión: Villamil et al., (2001) midieron incrementos en la DA, que afectaron principalmente a los primeros 5 cm del perfil, de alrededor del 27 % en los sitios bajo pastoreo respecto de una "clausura". Silenzi et al., (2000a) midieron mayor compactación en los tratamientos con pasturas (DA = 1,5 - 1,55 Mg m⁻³) respecto a los agrícolas (DA = 1,20 - 1,22 Mg m⁻³) y a la condición inalterada (DA = 1,27 - 1,29 Mg m⁻³). Si se considera que la DA máxima promedio para estos suelos es del orden de 1,59 Mg m⁻³ (Villamil, 2000) se puede decir que el pastoreo produjo una compactación relativa del orden de 78, 89 y 98 % para P, PP y PP+ mientras que en el desmonte los valores oscilan entre 89 y 84 %. Bajo el pastizal, excepto para P los valores de compactación relativa superan el 85%, valor por encima del cual se podría ver alterado el crecimiento de una amplia gama de cultivos (Carter, 1990). Desde el punto de vista del crecimiento radicular y de acuerdo con Silenzi et al. (2000a), según los valores de DA del sitio PP y en mayor medida PP+, ambos sitios estarían en un estado de reducción del crecimiento

radicular (valores promedios de densidad aparente entre 1,40 y 1,50 Mg m⁻³). Esto toma mayor importancia si consideramos que, para las herbáceas nativas, la mayor densidad de raíces se encuentra distribuida en los primeros 5 cm de suelo (Villamil, 2000). Los sitios desmontados, en los primeros centímetros de profundidad, presentan valores intermedios y no restrictivos probablemente como consecuencia de las labranzas periódicas que reciben para mantener los corta fuegos libres de vegetación.

Tabla 1. Densidad aparente (DA) y Porosidad total (PT) promedio a distintas profundidades. Letras diferentes para una misma profundidad significan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos. P: Pastizal pastoreado sin pisoteo, PP: Pastizal pastoreado y pisoteado, PP+: Pastizal fuertemente pastoreado y pisoteado. CPP: Corta fuego pastoreado y pisoteado, CA: Corta fuego recién arado.

Profundidad (cm)	Densidad aparente (Mg m ⁻³)				
	P	PP	PP+	CPP	CA
1 - 6	1,24 a	1,43 b	1,59 c	1,40 ab	1,34 ab
6 - 12	1,33 a	1,39 ab	1,48 b	1,45 ab	1,34 ab
12 - 18	1,32 a	1,33 a	1,38 a	1,51 b	1,39 a
18 - 24	1,29	1,28	1,32	1,31	1,30
Porosidad Total (%)					
1 - 6	53,3 c	46,1 b	39,4 a	47,4 b	49,4 bc
6 - 12	49,9 b	47,5 ab	43,9 a	45,1 ab	49,2 ab
12 - 18	50,3 b	49,8 b	47,5 ab	43,2 a	47,3 ab
18 - 24	51,5	51,8	50,0	50,5	50,7

La PT descendió a medida que aumentó el disturbio, principalmente con el pastoreo, siguiendo las variaciones encontradas para la DA. En los primeros 6 cm de suelo, la PT de P fue significativamente superior a todos los demás tratamientos, excepto CA. Bajo el pastizal los tres tratamientos presentaron diferencias significativas entre sí con reducciones de la porosidad del 14 y 26 % respecto de P mientras que CPP y CA disminuyeron un 11% y 7%, respectivamente. Entre los 6 y 12 cm de profundidad, los valores siguen el mismo patrón de variación que la capa superficial pero los cambios son de menor magnitud. Para la profundidad de 12 a 18 cm, sólo se diferenció estadísticamente CPP de P y PP, que presentó un deterioro en la porosidad 14 % y 9 % respecto de estos dos, evidenciando una compactación a nivel sub superficial provocada por las labranzas. En el tratamiento CA, esta compactación fue aflojada por la arada simulada con pala que llegó hasta los 18 cm de profundidad. En la profundidad de 18 a 24 cm todos los tratamientos presentan valores similares.

Los cambios en la densidad y porosidad total están asociados con cambios en la distribución en el tamaño de poros. En la Tabla 2 se presenta la distribución del espacio poroso para los primeros centímetros del horizonte A, que es donde se manifestaron los principales cambios en estas propiedades físicas. Al observar la distribución de poros puede apreciarse que los macroporos (> 50 µm) son los más afectados por el uso antrópico, precisamente éstos son los responsables de la infiltración y la conductividad hidráulica del suelo.

Tabla2. Distribución del espacio poroso de la capa superficial del horizonte A (0- 6 cm) expresada en % en volumen. Letras diferentes para una misma profundidad significan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre

tratamientos. P: Pastizal pastoreado sin pisoteo, PP: Pastizal pastoreado y pisoteado, PP+: Pastizal fuertemente pastoreado y pisoteado. CPP: Corta fuego pastoreado y pisoteado, CA: Corta fuego recién arado.

Tamaño de poros (um)	Distribución del espacio poroso (% v/v)				
	P	PP	PP+	CPP	CA
> 50	19,5 c	9,6 a	8,2 a	13,1 b	14,5 b
50 -0,2	24,7	24,7	21,4	26,3	25,3
< 0,2	9,9 ab	12,2 b	10,4 a	10,4 ab	10,0 ab
PT	54,1	46,5	40,0	49,5	49,8

Los macroporos de P fueron significativamente mayores a los de todos los demás tratamientos. A su vez el colapso de esta clase de poros fue mayor en PP y PP+ que en los sitios desmontados y arados. En cuanto a los mesoporos, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. En lo referente a los microporos todos los tratamientos presentaron valores similares excepto PP que fue significativamente mayor a PP+. Por lo tanto, el efecto más visible de los disturbios más fuertes se apreció en la disminución de la macroporosidad, que a su vez influyó en la porosidad total. Así en el tratamiento con menor disturbio, P, los macroporos representaron el 36 % de la PT mientras que en PP y PP+ correspondieron al 21 % y en los desmontados 26 y 29 % para CPP y CA, respectivamente. En concordancia hubo un aumento en la proporción de mesoporos para los tratamientos del corta fuego respecto a los del pastizal y una mayor proporción de microporos para todos los tratamientos con respecto a P, con mayor evidencia en los sitios más degradados. Sommer, 1976 (citado por Jorajuría Collazo 2005) en suelos labrados encontró que a medida que los poros grandes disminuían, los mesoporos aumentaban. Villamil (2000) en suelos de pastizales compactados observó también incrementos en los meso y microporos.

CONCLUSION

La utilización de las tierras del Caldenal, sin una gestión sustentable, ha degradado la vegetación natural y las propiedades originales de los suelos. La estabilidad de los agregados al tamizado en húmedo resultó un parámetro muy sensible para registrar la degradación estructural en la capa superficial, especialmente en situaciones en que el suelo es sometido a excesivo pastoreo. En las áreas con mayor presión de pastoreo se produjo una considerable compactación del suelo superficial, reflejada por el incremento en la densidad aparente y en la disminución de la porosidad total. En situación de desmonte, la compactación superficial fue algo menor, esto se adjudicó al "aflojamiento" generado por las labranzas rutinarias, realizadas para mantener sin vegetación la picada corta fuego. Estos cambios de las propiedades superficiales reducen la calidad edáfica, modifican la dinámica hidrológica y el ecosistema se vuelve más susceptible a la erosión.

BIBLIOGRAFÍA

- Amiotti, NM; MB Villamil & RG Darmody. 2012. Agronomic and Taxonomic Consequences of Agricultural Use of Marginal Soils in Argentina. *Soil Science Society of America Journal* 76:558-568
- Bóo, RM & DV Pelaez. 1991. Ordenamiento y clasificación de la vegetación en un área del sur del Distrito del Calden. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 27: 135-141.
- Busso, CA. 1997. Towards an increased and sustainable production in semi-arid rangelands of central Argentina: two decades of research. *Journal of Arid Environments* 36: 197-210

- Carter, MR. 1990. Relative measurements of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine Sandy loams. *Can.J.Soil Sci.* 70: 452-433.
- De Leenheer, L & M De Boodt; 1958. Determination of aggregate stability by the change in mean wight diameter. *Proceeding of the International Symposium on Soil Structure.* Ghent; Bélgica; pp 290-300.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2009. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat; FCA; Universidad Nacional de Córdoba; Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Drewry, JJ. 2006. Natural recovery of soil physical properties from treading damage of pastoral soils in New Zeland and Australian: A review. *Agriv. Ecos. Environ.* 114: 159-169
- Distel, RA & R Bóo.1995. Vegetation states and transitions in temperate semiarid rangelands of Argentina. *Proceedings of the Vth International Rangeland Congress; Salt Lake City; Utah.*pp 117-118
- Fernández, OA; ME Gil & RA Distel. 2009.The challenge of rangeland degradation in a temperate semiarid region of Argentina: The Caldenal. *Land Degradation & Development* 20 (4):353-469
- Greenwood, KL & BM Mc Kenzie. 2001. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. *Aust. J. Exptl. Agric.*; 41: 1231-1250.
- Iurman, D. 2010.Sistemas agropecuarios de Villarino y Patagones. Análisis y propuestas.Ed INTA
- Jorajuría Collazo, D. 2005. Compactación del suelo agrícola inducida por tráfico vehicular. Una revisión. En: *Reología del suelo agrícola bajo tráfico.* Ed: D Joraguría Collazo. Editorial de la Universidad de La plata. ISBN: 950-34-0334-0
- Moretto, AS & RA Distel. 1997. Competitive interactions between palatable and unpalatable grasses native to a temperate semiarid grassland of Argentina. *Plant Ecology* 130:155-161
- Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. 1995. El deterioro de las tierras en la República Argentina. *Duo/ Comunicación Visual.* Buenos Aires. 284 pp
- Schlesinger, WH; JF Reynolds; GL Cunningham; LF Huenneke; WM Jarrel; RA Virginia & W Whitford. 1990. Biological feedbacks in global desertification. *Science* 247: 1043-1048.
- Silenzi, JC; CA Puricelli & NE Echeverría. 2000a. El estado de compactación de dos suelos representativos de la región semiárida pampeana argentina resultante de distintos usos y manejos y su implicancia en el desarrollo radicular de las gramíneas. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata.
- Silenzi, JC; CA Puricelli; NE Echeverría; T Grossi & AG Vallejos. 2000b. Degradación y recuperación de dos suelos de la región semiárida pampeana argentina como resultado de distintos usos y manejos. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata.
- Silenzi, JC; NE Echeverría; ME Bouza & MP De Lucia. 2011. Degradación de suelos del SO bonaerense y su recuperación. *Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Comisión Académica Regional Sur y Departamento de Agronomía UNS. Jornada sobre evolución y futuro del desarrollo de producciones agrícola-ganadero en el SO bonaerense.* Tomo LXV: 382-404 ISSN 0327-8093.
- Taboada, MA & SN Micucci. 2008. Aireación del suelo: parámetros e influencia sobre los cultivos. *En: Taboada MA y CR Álvarez (eds) Fertilidad Física de los Suelos 2^{da} edn.*126-130 pp. Facultad Agronomía (UBA).
- Villamil, MB. 2000. Cambios del suelo asociados a la dinámica de la vegetación en el ecosistema natural de la zona sur del caldenal. Tesis Mg en Ciencias agrarias. Universidad Nacional del Sur. Bahia Blanca; Argentina. 148 pp
- Villamil, MB; NM Amiotti & N Peinemann. 2001. Soil degradation related to overgrazing in the semi-arid southern caldenal area of Argentina. *Soil Science, Vol.166; N° 7:441-452*