



**La siembra directa y ganadería.  
Efectos del pastoreo sobre la compactación a corto plazo**

**Santiago Venanzi, Eduardo de Sa Pereira y Hugo Krüger**

INTA, EEA Bordenave – CC44 (8187) Bordenave

### Introducción

La siembra directa ha mostrado rendimientos comparables a los de labranzas convencionales y aún mayores, especialmente en años con sequía moderada y suelos con buena capacidad de retención de agua (Ripoll et al. 2001). Esto justifica su creciente difusión en el SO bonaerense. Se ha observado incrementos en la resistencia mecánica o la densidad aparente de las capas superficiales del suelo bajo este sistema de cultivo (Vidal, Costa 1998). Esto suele afectar la producción temprana de biomasa de los cultivos, generalmente en los primeros años de siembra directa (Bergh et al. 1996; Ripoll et al. 2001).

En sistemas de producción mixtos, la compactación superficial por pastoreo puede constituir un riesgo potencial (Moran et al. 2000). Esto genera dudas acerca de la sustentabilidad de la siembra directa y suele ser motivo de no adopción de la técnica por parte de productores. El objetivo de este trabajo es analizar el impacto, a corto plazo, del pastoreo directo con animales sobre la resistencia mecánica, la densidad aparente del suelo y sus potenciales efectos sobre los cultivos siguientes.

### Materiales y métodos

En el marco de una Carta Acuerdo entre el INTA y el grupo CREA Cnel. Suárez, se realizan experiencias en tres sitios del sudoeste de la provincia de Bs.As.: Estación Experimental INTA Bordenave, en el partido de Puán (Sitio 1), Establecimiento La Gama, en el partido de Cnel. Suárez (Sitio 2), y Establecimiento Tunquelén en el partido de Saavedra (Sitio 3). Las principales características de los suelos y la secuencia de cultivos en estos Sitios se muestran en la Tabla 1. En el Sitio 1 el modelo estadístico utilizado incluye dos factores (Fertilización y Manejo Ganadero), el último como subparcela en franjas, con arreglo en bloques completamente aleatorizados y cuatro replicaciones. Se consideran tres niveles para el factor Fertilización durante los cultivos de trigo (0N = Testigo sin N, 30N = 30 kg N ha<sup>-1</sup>, y 60N = 60 kg N ha<sup>-1</sup>), y dos niveles para el factor Manejo Ganadero (P = pastoreo directo durante los cultivos forrajeros, y NP = no pastoreo, cosecha mecánica del forraje). En los Sitios 2 y 3 se implementaron tres parcelas apareadas (con y sin pastoreo), sobre una superficie bajo el manejo normal de los establecimientos, configurando un modelo completamente aleatorizado con tres replicaciones.

Tabla 1 – Algunas características de los suelos y la secuencia de cultivos en los sitios experimentales.

	SITIO 1	SITIO 2	SITIO 3
Taxonomía	Haplustol éntico	Arquidol thapto árcico	Hapludol típico
Prof.Efectiva (m)	0.9	>1.5	0.6-1.0
<b>Horizonte Ap</b>			
Arena (%)	46	40	52
Limo 0.05µm(%)	35	54	36
Arcilla (%)	19	6	12
COT (g kg <sup>-1</sup> )	17.4	34.8	25.5
Pe (g kg <sup>-1</sup> )	23.3	13.0	24.0
PH	7.5	6.2	6.7
<b>Secuencia de cultivos</b>			
1998	Miio(1)	Pradera	Pradera
1999	Trigo	Maiz(1)	Maiz(1)
2000	Avena(2)	Trigo	Trigo
2001	Trigo	Avena(1)/Maiz	Avena(1)/Girasol
2002	Avena	Maiz	Girasol

\*) El número en paréntesis luego del cultivo indica la cantidad de pastoreos realizados.

Los pastoreos involucraron distinta carga y tipo de animales: 48 vaquillonas  $\text{ha}^{-1}$  (400 kg) durante 12 hs en el Sitio 1; 12.5 terneros  $\text{ha}^{-1}$  (250 kg) durante 2 días; y 1.7 novillos  $\text{ha}^{-1}$  (470 kg) durante 7 días en el Sitio 3. Durante el pastoreo se determinó la humedad del suelo en la capa 0-30cm. En Enero (Sitio 1) y Noviembre de 2001 (Sitios 2 y 3), se midieron: resistencia mecánica (RM), con penetrómetro de anillo Soiltest CN-970, Lake Bluff, Illinois (hasta las profundidades de 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 y 15.0 cm); y densidad aparente (DA), con cilindros de 275  $\text{cm}^3$  (en capas de 5 cm de 0 a 20 cm de profundidad). En el Sitio 1, durante el cultivo de trigo, se registraron: número de plantas logradas, biomasa aérea al macollaje, número de espigas  $\text{m}^2$ , y rendimiento en grano. Los resultados fueron analizados con ANOVA, verificando en forma gráfica los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Cuando los test F resultaron significativos, las medias de los

tratamientos se separaron mediante el test de Student-Newman-Keuls o l.s.d. ( $\alpha=0.05$ ) en caso de interacción.

## Resultados

### Sitio 1

La humedad del suelo fue cercana al punto de marchitez permanente (PMP), durante el primer pastoreo, y un 86% de la capacidad de campo estimada (CC) en el segundo. La producción acumulada de forraje fue de 6700 kg MS  $\text{ha}^{-1}$ . Luego del primer pastoreo se observó un ligero incremento de la RM en los primeros 7.5 cm del suelo de los tratamientos pastoreados (datos no presentados). Variaciones en el contenido de humedad no permitieron, sin embargo, atribuir totalmente este efecto al pisoteo por los animales (Ripoll, com. pers.). Los valores de RM y DA, determinados luego del segundo pastoreo se presentan en la Fig.1.

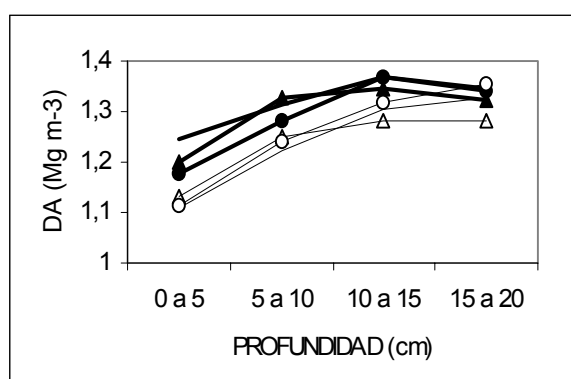
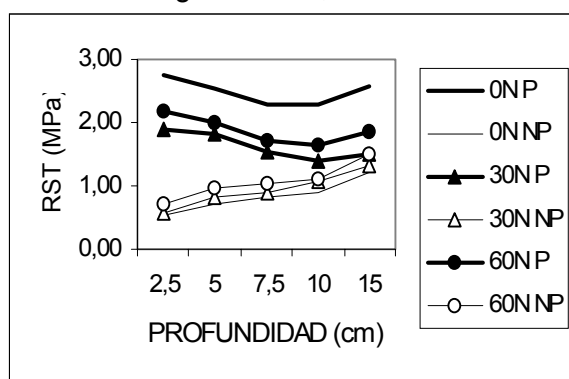


Fig1 – Variación de la resistencia mecánica (a), y de la densidad aparente (b), con la profundidad, en función del nivel de fertilización nitrogenada (0, 30 y 60N), y el pastoreo (P y NP).

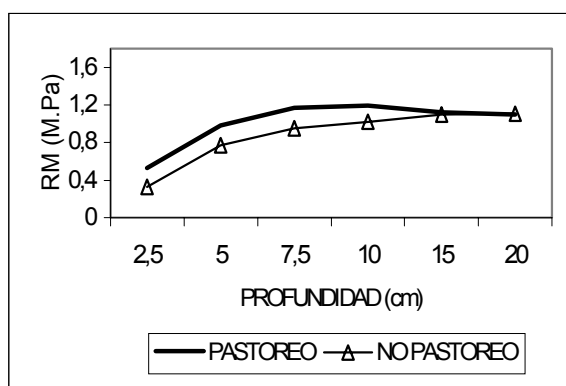
Tanto la fertilización como el pastoreo produjeron efectos sobre la RM del suelo, con interacción significativa en la mayoría de las capas ( $p<0.06$ ). Los tratamientos pastoreados tuvieron mayor RM que los no pastoreados hasta los 7.5 cm. A partir de esa profundidad las diferencias se diluyeron. El nivel pastoreado sin fertilización mostró los mayores valores de RM a lo largo de todo el perfil estudiado. En el nivel no pastoreado no existieron diferencias entre niveles de fertilización. Los valores máximos de

RM se produjeron en los 5 cm superficiales del nivel pastoreado (2.80 M.Pa).

La DA del suelo no mostró diferencias entre niveles de fertilización nitrogenada ( $p>0.10$ ). Los tratamientos con pastoreo directo por animales mostraron mayor DA que los no pastoreados ( $p<0.07$ ) en la capa 0 a 15 cm inclusive, desapareciendo las diferencias a mayor profundidad. El incremento medio de la DA atribuible al pastoreo (en la capa 0-10cm), fue del 7%. Los máximos valores se alcanzaron en la capa 10-20 cm, tanto en los tratamientos

pastoreados ( $1.36 \text{ Mg m}^{-3}$ ) como en los no pastoreados ( $1.32 \text{ Mg m}^{-3}$ ).

En la campaña 2001 se lograron 220 plantas de trigo  $\text{m}^{-2}$ , sin diferencias debidas a la fertilización nitrogenada o al manejo ganadero. La biomasa aérea al macollaje fue de  $3135 \text{ kg MS ha}^{-1}$ , sin efectos significativos de la fertilización o el manejo ganadero. Se obtuvieron rendimientos de grano de 3358, 4605 y  $5361 \text{ kg ha}^{-1}$  para los niveles 0N, 30N y 60N respectivamente. La fertilización aumentó los rendimientos sin producir diferencias entre niveles ( $\alpha=0.05$ ), mientras que el manejo ganadero no produjo efectos significativos.



### Sitio 2

El contenido de humedad del suelo al momento del pastoreo fue un 87 % de su CC estimada. Los perfiles de RM y DA se presentan en la Fig.2.

La RM mostró ligeros incrementos en la capa 0-7.5cm atribuibles al pastoreo ( $p<0.09$ ), con valores máximos en la capa 5-10cm ( $1.19 \text{ M.Pa}$ ). La DA, en cambio, no varió significativamente, presentando máximos en la capa 5-10cm ( $1.16 \text{ Mg m}^{-3}$ ).

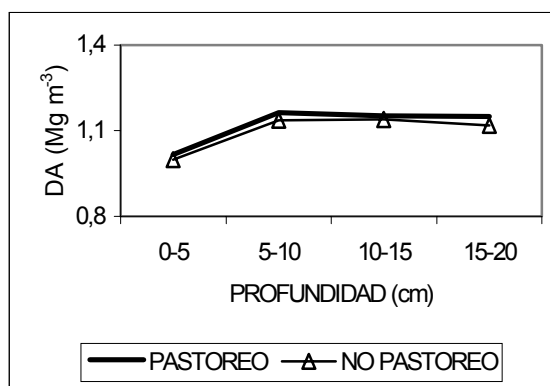


Fig.2 – Variación de la resistencia mecánica (a) y de la densidad aparente (b) en función de la profundidad luego del pastoreo de Avena en el Sitio 2.

### Sitio 3

El contenido de humedad del suelo al momento del pastoreo fue un 63 % de su CC estimada en la capa 0-30 cm. Los perfiles de RM y DA se presentan en la Fig.3.

Ambas variables mostraron incrementos por efecto del pastoreo, hasta los 10 cm de

profundidad ( $p<0.001$  y  $p<0.055$  para RM y DA respectivamente). El aumento medio de la DA en la capa 0-10cm fue del 8%. Los valores máximos se produjeron en las capas 2.5-7.5 cm para RM ( $1.48 \text{ M.Pa}$ ), y 5-10 cm para DA ( $1.32 \text{ Mg m}^{-3}$ ).

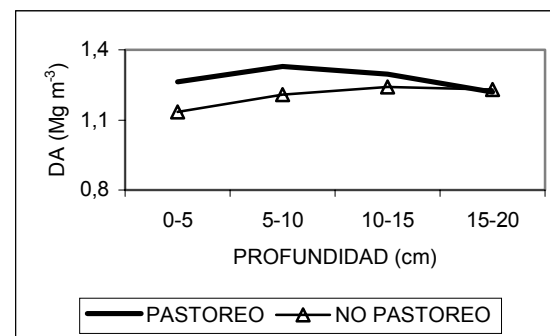
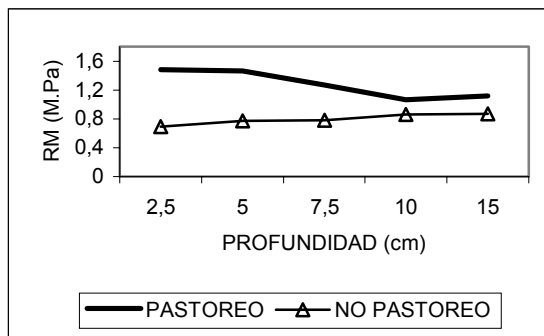


Fig.3 – Variación de la RM (a) y la DA (b) en función de la profundidad, luego del pastoreo de Avena en el Sitio 3.

## Discusión

Los efectos del pastoreo sobre el suelo variaron con la carga y tipo de animal, la humedad edáfica y el volumen de residuos en superficie. En el Sitio 1 bajo condiciones de humedad edáfica relativamente elevada la capa superficial sufrió compactación mientras que en el Sitio 2, con similar humedad pero menor presión de pastoreo, no se observaron efectos. La compactación producida en el Sitio 3, estaría relacionada con el mayor peso y diferente comportamiento de los animales en un pastoreo de tipo mas convencional que rotativo intensivo (baja carga y larga permanencia).

La presencia de mayor cobertura de residuos en los niveles fertilizados del Sitio 1 parece haber amortiguado los efectos del pastoreo, reduciendo la RM respecto del testigo. Un efecto similar ha sido observado por Trossero (1994), a través de 15 años de experiencias a campo. Martín et al. (1998) encontraron sin embargo, que contenidos de humedad edáfica elevados pueden enmascarar cualquier acción protectora de la vegetación frente a la compactación. Estos autores evaluaron DA y no RM. La primera muestra menor sensibilidad en la detección de capas compactadas, pero mejor relación con el comportamiento de los cultivos. El hecho que, en el Sitio 1, la interacción Fertilización x Pastoreo haya sido detectada con RM pero no con DA, sugiere que este efecto protector sería relativamente débil.

Los efectos del pastoreo se limitaron a la capa 0–10 cm. La presencia de valores máximos de RM y DA, en capas subsuperficiales de los tratamientos no pastoreados, hace sospechar la existencia de pisos de labranza previos. Los valores críticos de RM oscilarían entre 2.5 y 4.1 M.Pa (Demmi y Puricelli, 1987; Pabin et al. 1998). De acuerdo con ellos, los máximos observados en los sitios 2 y 3 (1.19 y 1.48 M.Pa respectivamente) no serían limitantes. En el Sitio 1 (2.8 M.Pa), la humedad del suelo durante las determinaciones fue cercana al PMP, mientras que el contenido hídrico durante el siguiente cultivo de trigo fue mas elevado. Esto posibilitaría la ocurrencia de valores de RM menores que los observados.

Los valores máximos de DA fueron 1.36, 1.18 y 1.32  $\text{Mg m}^{-3}$  respectivamente. Según Daddow y Warrington (1983), en función del porcentaje de limo + arcilla de cada suelo, los valores de DA crítica serían: 1.55, 1.50 y 1.60  $\text{Mg m}^{-3}$  para los tres sitios respectivamente.

La falta de efectos detectables sobre el comportamiento del cultivo de trigo en el Sitio 1, apoya la hipótesis que la RM y DA alcanzadas durante el pastoreo no habrían limitado su crecimiento. Un ensayo en macetas con trigo, realizado con suelo proveniente de los Sitios 2 y 3, mostró reducciones de biomasa radical a partir de niveles de 1.20  $\text{Mg m}^{-3}$ , y efectos sobre el crecimiento temprano de las plantas para niveles de DA mayores de 1.60 y 1.70  $\text{Mg m}^{-3}$  respectivamente (Venanzi et al. 2002). Morán et al. (2000), no observaron efectos sobre un cultivo de soja, en suelos con DA de 1.28  $\text{Mg m}^{-3}$  luego de pastorear avena. Vidal y Costa (1998), midieron RM de 2.4 M.Pa y DA de 1.36  $\text{Mg m}^{-3}$  bajo siembra directa, sin mermas en el rendimiento de trigo respecto de labranza convencional.

## Conclusiones

A dos años de iniciadas las experiencias el pastoreo de verdeos de invierno, bajo condiciones de manejo normales, produjo incrementos de la RM en la capa superficial de todos los suelos estudiados, y de la DA en dos de los tres suelos. Los valores máximos de RM y DA observados no superaron los considerados críticos ni produjeron, en el Sitio 1, mermas en la producción de biomasa o el rendimiento de trigo. La información disponible es coincidente en señalar que, bajo cargas animales moderadas y contenidos de humedad del suelo por debajo de su CC, los efectos a corto plazo del pastoreo en siembra directa no serían perjudiciales para el desarrollo de los cultivos. Persiste, en cambio, la necesidad de información acerca de los posibles efectos acumulativos de estas practicas en el largo plazo.

## Referencias

- Bergh R, F. García, J. Ferrari y R. Rizzalli. 1996. Dinámica del nitrógeno, crecimiento y rendimiento de trigo bajo siembra directa y labranza convencional. En: AACCS (ed.). Actas XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. (41-42). Santa Rosa, La Pampa.
- Daddow, R. and G. Warrington. 1983. Growth limiting soil bulk densities as influenced by soil texture. WSDG Report. WSDG-TN 00005.
- Demmi M. y C. Puricelli. 1987. La compactación de los suelos en la región centro-este de la pcia. de San Luis. EEA INTA San Luis. Inf.Tecn. No.111. 24pag.
- Martín B., G. Zerpa, O. Sosa y J. Denoia. 1998. Efecto del tránsito animal sobre las propiedades físicas del suelo y sobre la velocidad de infiltración. En: AACCS (ed.). Actas XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. (11-13). V.Carlos Paz, Córdoba
- Morán M., J. Costa, P. Calviño y J. Rodríguez. 2000. Influencia del pastoreo de verdeos sobre algunas propiedades físicas del suelo y del cultivo de soja en un sistema de siembra directa. En: AACCS (ed.). Actas XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Buenos Aires.
- Ripoll M, R. Agamenonni y H. Kruger. 2001. Producción de trigo candeal en el sudoeste y sur de la pcia. De Buenos Aires. I. Sistema de labranza. Actas V Congreso Argentino de Trigo. V.Carlos Paz, Córdoba.
- Pabin J, J. Lipiec, S Wlodek, A Biskupsky and A. Kaus. 1998. Critical soil bulk density and strength for pea root growth as related to other soil factors. Soil & Tillage Res. 43:206-208.
- Trossero, F. 1994. La rotación de cultivos y la ganadería en siembra directa. En: AAPRESID (ed.). Actas III Congreso Nacional de Siembra Directa.(297-298). V.Giardino, Córdoba.
- Venanzi S, A. Vallati y H. Kruger. 2002. Crecimiento temprano del trigo en función de la densidad aparente del suelo. En: AACCS(ed.).Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.Pto.Madryn, Chubut.
- Vidal, C. y J. Costa. 1998. Evaluación de algunas propiedades físicas en sistemas de labranza reducida y siembra directa. En: AACCS (ed.). Actas XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. (211-212). V. Carlos Paz, Córdoba.