

La resistencia mecánica a la penetración en pasturas

Autores: Ing. Agr. Gabriel Zerpa, Ing. Agr. Oscar Sosa, José Berardi, Juan P. Bolatti, Ariel Galindo y Joaquín Maldonado.

Cátedra Manejo de Tierras. Facultad de Cs. Agrarias. U.N.R.

E-mail: oscarso1@hotmail.com

Introducción

Por acción de presiones, una masa de suelo puede comprimirse, disminuyendo su volumen, modificándose el número y tamaño de los poros y aumentando la densidad aparente. Este proceso se conoce como **compactación**. Los cambios que ocurren establecen condiciones desfavorables para la conductividad hidráulica y la difusión de gases en la capa afectada. Todo el conjunto de disfunciones afecta el crecimiento de las plantas, en principio porque comprometen el desarrollo radical al aumentar la resistencia del suelo a ser horadado por las raíces (Atwell, 1993).

La condición física de los suelos bajo pasturas es afectada, entre otros factores, por las operaciones de laboreo y por el pastoreo directo. Esto último incluye al **pisoteo animal**, que es la presión mecánica ejercida por el ganado sobre el suelo, el pasto y la cobertura vegetal. El efecto es más severo en lugares donde el pisoteo se reitera con alta frecuencia y la humedad edáfica es elevada. Si el contenido de humedad del suelo es alto, el impacto de la pezuña suele provocar deformación superficial (Sosa et al., 1995), generando aumento en la densificación y disminuciones de la porosidad, la estabilidad estructural y la capacidad de infiltración (Denoia et al., 2000).

La compactación edáfica es uno de los factores que puede incidir en la degradación de los sistemas pastoriles. No sólo se constituyen en un medio inadecuado para el crecimiento radical y la dinámica hídrica en el perfil (infiltración, conductividad y almacenamiento), sino que también afecta la captación de nutrientes y la emergencia de las plántulas. Las relaciones que se establecen suelen perjudicar el crecimiento de las plantas, la germinación y emergencia espontánea de las especies anuales y bianuales, y la producción forrajera (Saravi, 2005; Crush y Thom, 2011; Głab, 2011).

La compactación de los suelos puede ser evaluada a través de varios parámetros. La medida de la **resistencia mecánica a la penetración** (RP) es una vía sencilla para detectar los cambios en el perfil que pueden relacionarse con la exploración de las raíces (Pires da Silva et al., 2003). La variación espacial de la RP es más apropiada que la densidad aparente en la determinación de capas limitantes al crecimiento radical, porque presenta mayor sensibilidad en la detección de sectores diferenciados en grados de compactación (Jorajuria Collazo, 2004).

Métodos

En este trabajo se empleó un **penetrómetro de cono de acción vertical** (Figura 1), desarrollado y provisto por la empresa Meridiens, Mar del Plata. Posee un cono con ángulos de ataque de 30°, que se enrosca sobre un eje. La velocidad de penetración, según

la norma ASAE. S 313, se fija en $30,5 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$. El promedio de las medidas de la RP, dentro de un rango prefijado de profundidades, recibe el nombre de índice de cono. Se expresa en unidades de presión que surgen de dividir el esfuerzo para introducir el cono en el suelo por la superficie de la base del cono usado. La fuerza es marcada por un reloj que lleva el instrumento, mientras que para la superficie se toma el área de proyección del cono. Los valores obtenidos deben ser transformados en MegaPascales (MPa) y ajustados a una determinada humedad, pues es éste el factor que más influye sobre la RP.

Figura 1. Penetrómetro de cono de acción vertical.



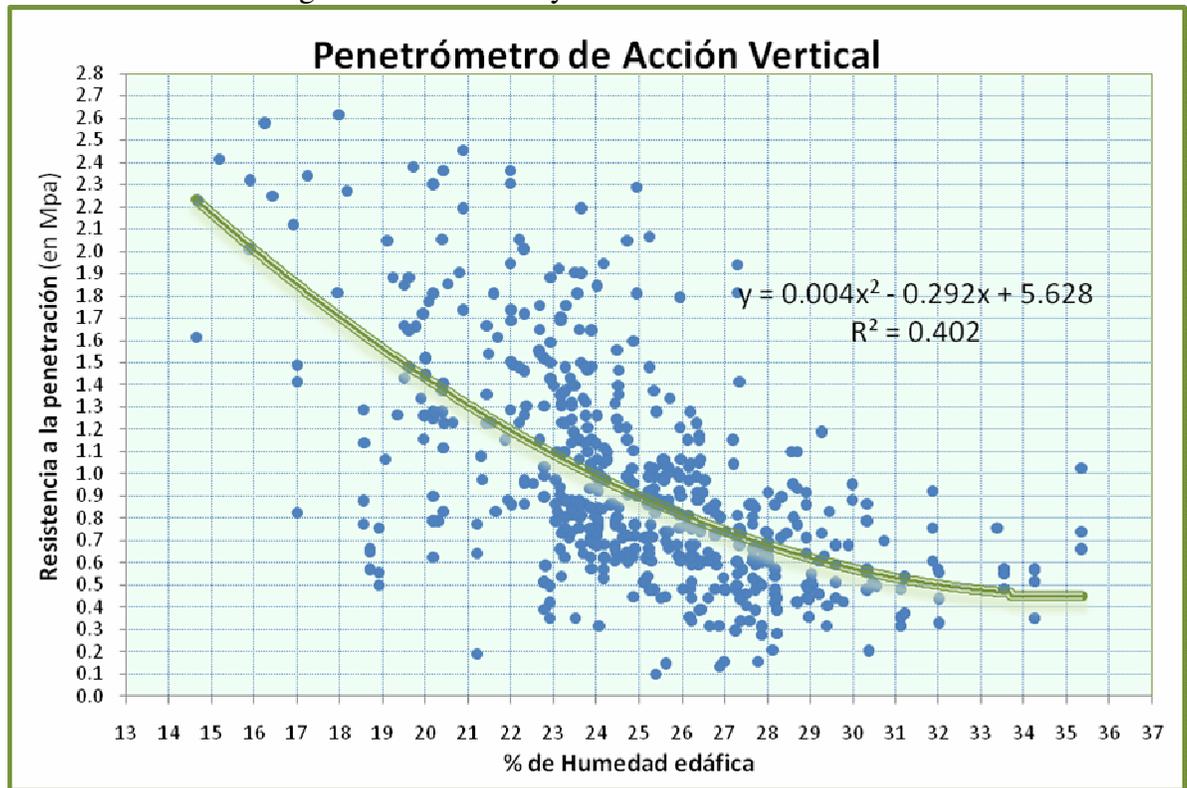
Para esto último se trabajó en la búsqueda de una curva que correlacionara los valores de resistencia obtenidos con la humedad edáfica. Se relevaron 21 lotes agrícolas, pasturales o no perturbados, todos con un mismo tipo de suelos: Argiudol vértico serie Roldán. La medición de la RP se efectuó en la capa 0-25 cm; los datos obtenidos se transformaron luego en MPa. Además, en cada profundidad de medición se tomaron muestras de suelo y se determinó el contenido de humedad por gravimetría.

En total se obtuvieron 593 pares de datos (RP, humedad). El gráfico 1 muestra los puntos y la curva de regresión. La ecuación que mejor ajuste presentó entre ambas variables es cuadrática:

$$y = 0,0041x^2 - 0,2922x + 5,6281; R^2 = 0,402$$

x: humedad de suelo en el momento de medición de la RP; y: RP (MPa)

Gráfico 1. Curva de regresión entre la RP y la humedad.



Empleando la ecuación de regresión, y con el fin de comparar las distintas situaciones, los datos se ajustaron a un contenido de humedad de 18 %, por corresponder este valor al estado friable del suelo.

Siguiendo el método descripto (se midió la RP cada 5 cm en el espesor 0 – 25 cm y la humedad del suelo en cada caso para realizar el ajuste correspondiente), este grupo de trabajo ha estudiado la RP en varias pasturas con el tipo de suelo citado, considerando

diversas situaciones (edad, sistema de producción ganadero, con o sin cortes mecánicos, etc.).

Resultados

En la tabla 1 se presentan los resultados correspondientes a cinco pasturas, según datos tomados en mayo de 2012.

P1: Pastura del Campo Experimental Villarino, Zavalla, tambo, 1 año.

P2: Pastura del Campo Experimental Villarino, Zavalla, tambo, 2 años.

P3: Pastura de un establecimiento de Zavalla, invernada, 2 años.

P4: Pastura de un establecimiento de Coronel Arnold, tambo, 2 años.

P5: Pastura de un establecimiento de Pujato, invernada, 4 años.

P1, P2, P3 y P4 son pasturas mixtas, constituidas por alfalfa (*Medicago sativa*), cebadilla (*Bromus catharticus*) y festuca (*Festuca arundinacea*). P4 está constituida exclusivamente por alfalfa. Los lotes estudiados se encuentran en similar posición relativa en el paisaje, con pendientes que oscilan entre 0,3 y 0,6 %. Para cada pastura se muestreó en tres sitios.

Tabla 1. Valores de RP medios (en negrita), mínimos y máximos, desvíos estándares (DE) y coeficientes de variación (CV) de las pasturas evaluadas, según intervalos de profundidad.

	RP 0-5	RP 5-10	RP 10-15	RP 15-20	RP 20-25
P1	0,9	1,02	1,22	1,39	1,53
P2	1,52	1,61	1,68	1,57	1,44
P3	2,14	2,04	1,93	2,08	1,99
P4	1,92	1,86	1,89	1,95	1,56
P5	1,68	2,01	2,36	2,07	1,65
Valor mín.	0,74	0,72	1,03	0,96	1,35
Valor máx.	2,48	2,55	2,73	2,17	2,42
DE	0,478	0,490	0,464	0,347	0,264
CV	29,265	28,681	25,552	19,138	16,191

Por carecer de un diseño estadístico, no se realizó test de comparación de medias. De todas maneras, la observación de la tabla permite distinguir que P1 sería la pastura menos compactada en los estratos superficiales; quizás ello tenga relación con que había sido pastoreada en menos oportunidades que las otras.

Para cada profundidad, la variabilidad de la RP es media a alta. Esto es muy común, pues los efectos del pisoteo animal, de la rodadura y del peso de las maquinarias se distribuyen espacialmente en forma heterogénea. Además, la humedad edáfica durante los momentos en que operan los factores compactantes, la acción de las raíces y otros aspectos tienen también una gran variabilidad dentro de cada pastura.

Como se observa, en algunos casos se alcanzaron valores relativamente elevados de RP. Los valores críticos son variables y dependen del tipo de planta y de las características y propiedades del medio edáfico. Según Atwell (1993), con RP superiores a 2 MPa se reduce significativamente el crecimiento de las raíces de la mayoría de las especies cultivadas.

Zerpa (2006) ha empleado la siguiente escala para interpretar la condición del suelo para el desarrollo de la rizosfera según el RP de la capa edáfica.

RP (MPa)	Condición
$0 \leq RP \leq 0,9$	Sin restricciones
$0,9 < RP \leq 1,4$	Leves restricciones
$1,4 < RP \leq 2$	Moderadas a severas restricciones
$RP > 2$	Restringido para el enraizamiento

La información obtenida de la RP, con los datos debidamente ajustados, es una herramienta efectiva para caracterizar la compactación de los suelos pastoriles y para la toma de decisiones de manejo.

Referencias bibliográficas

- Atwell, B. J. 1993. *Response of roots to mechanical impedance*. Environmental and Experimental Botany 33(1): 27-40.
- Crush, J.R. y Thom, E.R. 2011. *Review: The effects of soil compaction on root penetration, pasture growth and persistence*. Pasture Persistence - Grassland Research and Practice Series 15: 73-78.
- Denoia, J.; Sosa, O.; Zerpa, G. y Martín, B. 2000. *Efecto del pisoteo animal sobre la velocidad de infiltración y sobre otras propiedades físicas del suelo*. Pastos XXX (1): 129-141.
- Głąb, T. 2011. *Effect of Soil Compaction on Root System Morphology and Productivity of Alfalfa (Medicago sativa L.)*. Polish Journal of Environmental Studies 20(6): 1473-1480.
- Jorajuria Collazo, D. 2004. *La resistencia a la penetración como parámetro mecánico del suelo*. En: Filgueira, R. y Micucci, F. EDULP (eds.). Metodologías físicas para la investigación del suelo: penetrometría e infiltrometría. 43-53.
- Pires da Silva, A.; Inhoff, S. y Corsi, M. 2003. *Evaluation of soil compaction in an irrigated short duration grazing system*. Soil & Tillage Research 70(1): 83-90.
- Saravi, M.M.; Chaichi, M.R. y Attaeian, B. 2005. *Effects of Soil Compaction by Animal Trampling on Growth Characteristics of Agropyrum repens*. International Journal of Agriculture & Biology 7(6): 909-914.
- Sosa, O.; Martín, B.; Zerpa, G. y 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 15(1): 252-255.
- Zerpa, G. 2006. *Degradación de suelos en uso pasturil*. Tesis para obtener el grado de Magister en Manejo y Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario.