



## DESCOMPACTACIÓN DEL SUELO CON IMPLEMENTOS DE MONTANTES ANGULADOS

De Majo, N.<sup>1</sup>, S. Podestá<sup>1</sup>, M. Rollhauser<sup>1</sup>, F.D. Guilino<sup>1</sup>, L.M. Draghi<sup>1</sup>, D. Jorajuría<sup>1</sup>, R. Villarreal<sup>1</sup>, L. Lozano<sup>1</sup>, C.G. Soracco<sup>1</sup>, T.C. Palancar<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>CISSAF (Centro de Investigación en Sustentabilidad de Suelos Agrícolas y Forestales) Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata; \*60 y 119. La Plata, (1900), Prov. de Buenos Aires, telmo@agro.unlp.edu.ar

**RESUMEN:** En la Argentina predomina como sistema productivo la siembra directa donde la ausencia de remoción y el tránsito de máquinas cada vez más pesadas han incrementado los problemas de compactación. Para revertir este fenómeno se utilizan descompactadores. Existen datos dispares de cuán prolongada es la duración del efecto de descompactación. Se realizó un ensayo utilizando un descompactador angulado lateral (Paratill) en un suelo Hapludol Thapto Árgico. A los dos años se evaluó la resistencia a la penetración, la densidad aparente, la infiltración y la producción de materia seca comparando el tratamiento descompactado con el testigo (sin descompactar). No se encontraron diferencias en densidad aparente ni en infiltración entre ambos tratamientos. Hubo diferencias en la resistencia a la penetración donde el tratamiento testigo alcanzó valores mayores al descompactado en parte del perfil trabajado y aún debajo de la profundidad máxima alcanzada. La materia seca producida en el tratamiento descompactado duplicó a la del testigo evidenciando que el efecto de la descompactación se mantiene dos años después de realizada. Se concluye que el efecto de la descompactación se evidencia aún dos años después de efectuada en el parámetro resistencia a la penetración y que el cultivo percibe estos efectos.

**PALABRAS CLAVE:** compactación del suelo, resistencia a la penetración, infiltración.

### INTRODUCCIÓN

En la región pampeana, la ausencia de remoción, la presencia de maquinaria pesada y el tránsito en húmedo, han incrementado la compactación del suelo. Existe por ello un interés creciente en revertir esta limitante a la productividad con el uso de descompactadores (Elisei et al., 2012). Las variables más sensibles para evidenciar la compactación son la retención de agua, el tamaño y distribución de los poros y la resistencia a la penetración, no así la densidad aparente (Alakukku, 1996; Botta et al., 2009). La tasa de infiltración es afectada principalmente por la textura y el manejo cultural del lote de acuerdo a del Barrio (1984). Threadgill (1982) indicó valores limitantes de resistencia a la penetración para el crecimiento radicular mientras que Daddow & Warrington (1983) y Jones (1983) citaron valores limitantes de densidad aparente. Elisei et al. (2012) trabajando con descompactadores encontraron reducciones en los valores de índice de cono (IC). Alakukku (1996), reporta menores valores de conductividad hidráulica sobre la huella producto de la compactación. Soracco et al. (2005) hallaron mayor infiltración en los tratamientos con mayor densidad aparente. Álvarez et al. (2006) determinaron que la descompactación con un subsolador no modificó la densidad aparente pero sí la infiltración en el momento de la siembra. Barber (1994) observó que la recompactación post-labranza, afectaba menos el crecimiento de raíces que el suelo sin descompactar. Colareda (2013) y Hilbert & Pincu (2000) encontraron menor resistencia a la penetración en suelos descompactados respecto a los sin labranza incluso por debajo de la profundidad máxima alcanzada. Existen antecedentes sobre reducción en el rendimiento por causas de la compactación (Tolon-Becerra et al., 2011; Marinello et al., 2017, Jorajuría et al.,

1997). Vepraskas et al. (1995), encontraron que el efecto del subsolado sobre el crecimiento de raíces, se mantenía alrededor de los dos años. Busscher et al. (1986) afirman que el efecto del subsolado se manifiesta en las primeras etapas del crecimiento de las raíces. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la perdurabilidad de una labor de descompactación a través de variables físicas y biológicas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El ensayo se realizó sobre un suelo de textura franca clasificado como Hapludol Thapto Árgico (Soil Taxonomy) (INTA, 2010), de la serie Los Naranjos y con una capacidad de uso IIw. El mismo se encuentra ubicado en el establecimiento de producción agrícola-ganadera “La Polvorilla” (coordenadas 36° 01' 31,8" Latitud Sur y 57° 48' 16,6" Longitud Oeste), en el partido de Castelli, Provincia de Buenos Aires. Durante el año 2015, se realizó un tratamiento de descompactación con un implemento de montantes angulados laterales (“Paratill”) hasta una profundidad de 25 cm sobre un lote ganadero con implantación de pasturas y verdeos. En el año 2009 se implantó una pastura de alfalfa (*Medicago sativa*) que duró 3 años y, en el año 2012, se implantó como verdeo de invierno raigrás (*Lolium perenne*) y maíz (*Zea mays*) para silaje. En el año 2013 y 2014 se repitió la secuencia de cultivos del año 2012.

El ensayo fue diseñado en 4 bloques aleatorizados contando con dos tratamientos: 1) Pasaje de Paratill (P) y 2) Testigo (sin Paratill, T). La labor de descompactación se realizó el día 14/3/2015, luego del picado de maíz para silaje. En marzo de 2015 se realizó la siembra de una pradera de alfalfa para pastoreo directo en ambos tratamientos. Las parcelas fueron sometidas a pastoreo directo.

Luego de transcurridos dos años de la descompactación, se evaluaron parámetros que permitieran visualizar la persistencia del efecto de dicha labor en algunas propiedades físicas del suelo y su posible respuesta en el cultivo.

Se determinó la resistencia a la penetración mediante un penetrómetro de cono electrónico SC900 Soil Compaction Meter Fieldscout, construido bajo Norma ASAE S.313, con principio de medición de profundidad por ultrasonido. Los valores de índice de cono fueron agrupados en rangos de profundidad de 2,5 cm y se registraron hasta los 35 cm de profundidad. Se efectuaron 45 repeticiones por cada rango de profundidad y por cada tratamiento.

Los datos de índice de cono fueron analizados en referencia a la humedad gravimétrica del suelo. La humedad gravimétrica se obtuvo por diferencia de peso de muestras de suelo húmedo y seco. El secado se realizó en estufa a 105°C durante 24hs (hasta peso constante). Se determinó la densidad aparente con un cilindro de 307,7 cm<sup>3</sup> cada 10 cm de profundidad hasta los 30 cm de profundidad (Hillel, 1998). Se efectuaron 3 repeticiones por cada rango de profundidad y por cada tratamiento.

Se midió la infiltración del perfil mediante el método del anillo simple, con un infiltrómetro metálico de 21 cm de diámetro interno por 12 cm de alto y 3 mm de espesor. El anillo se clavó hasta una profundidad de 6 cm y se aplicó el agua con un frasco invertido (frasco de Mariotte) graduado en mm de lámina, dejando una carga hidráulica de 1,5 cm de altura. Se hicieron lecturas de entrada de agua cada 5 minutos hasta totalizar un período de una hora (tiempo en que la infiltración se estabilizó). Se registró la tasa de infiltración (mm/hora) cada 30 minutos y la infiltración total (mm). Se efectuaron 3 repeticiones por tratamiento.

Se determinó también la materia seca de la pastura de alfalfa con un anillo de 0,25 m<sup>2</sup> de superficie. Se efectuaron 6 repeticiones por tratamiento. Una vez recogido el material, se llevó a estufa a 70°C hasta llegar a peso constante.

Para todas las variables evaluadas se realizó un análisis de la varianza y se efectuó la comparación de medias mediante el test de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la Figura 1 se aprecian diferencias significativas en la resistencia a la penetración entre tratamientos hasta los 30 cm. Estos resultados son coincidentes con los de Elisei et al. (2012); Colareda (2013) y Hilbert & Pincu (2000) quienes concluyeron que los tratamientos con

descompactación presentan menores valores de índice de cono que los testigos. Sólo en los dos primeros estratos se ha dado una mayor resistencia en el testigo lo cual podría ser atribuido al pisoteo animal que recibió el sustrato.

Se observa también que el aflojamiento producto del descompactado ha llegado hasta una profundidad superior (30 cm) que la de la labor (25 cm) en coincidencia con Colareda (2013) y Hilbert y Pincu (2000).

El tratamiento testigo supera el valor de 2,0 MPa entre los 7,5 y 22,5 cm citado como límite a partir del cual las raíces de los cultivos dejan de crecer (Threadgill, 1982) mientras que se percibe en el descompactado un acercamiento a dicho valor en la misma zona como consecuencia de la reconsolidación en la profundidad trabajada.

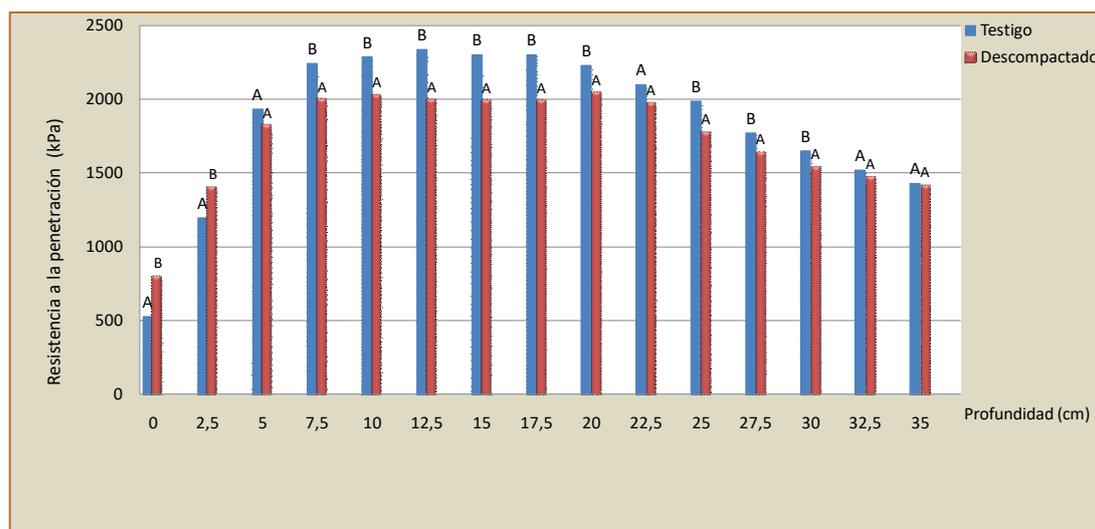


Figura 1: Resistencia a la penetración (kPa) en intervalos de profundidad de 2,5 cm para ambos tratamientos. Letras iguales sobre las columnas denotan ausencia de diferencias mínimas significativas entre tratamientos según el test de Tukey ( $p < 0,05$ )

No hubo diferencias estadísticas significativas de humedad gravimétrica entre los tratamientos en ninguna de las profundidades evaluadas por lo que las diferencias encontradas en la resistencia a la penetración no pueden ser explicadas por diferencias en la humedad.

En cuanto a la densidad aparente, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los tres rangos de profundidad (Tabla 1). Estos resultados no son coincidentes con lo encontrado por Soracco et al. (2005) quienes estudiaron sobre la misma serie de suelos, la incidencia de diferentes tratamientos mecánicos. La hipótesis explicativa estaría dada por la diferente humedad presente en ambas determinaciones, la cual pudo incidir en la adherencia entre suelo y cilindro muestreador, que termina modificando el volumen total de suelo que ingresa en cada probeta. Sin embargo, Alakukku (1996) y Botta et al., (2009) concluyen que la densidad aparente es una variable menos sensible que la resistencia a la penetración a los efectos de cuantificar la compactación. Densidad Aparente (DA) y Resistencia a la Penetración (RP), son los dos parámetros más utilizados para relevar indirectamente el estado de compactación de un suelo (Jorajuría, 2005). Si bien el coeficiente de variabilidad de los datos de campo de la resistencia a la penetración suelen ser muy altos, pueden experimentalmente ser compensados por el gran número de repeticiones que pueden lograrse en la misma jornada sin que peligre perder la condición de humedad estable, necesaria para garantizar la biunivoquidad de los resultados. En cambio el relevamiento de la densidad aparente resulta ser mucho más lento y dificultoso, usándose modalmente tres repeticiones solamente para obtener un dato validable. No se han alcanzado los valores de densidad aparente limitantes de  $1,65 \text{ Mg/m}^3$  citados por Daddow y Warrington (1983) ni los  $1,46$  a  $1,63 \text{ Mg/m}^3$  citados por Jones (1983).

Tabla 1. Densidad aparente en ambos tratamientos ( $Mg/m^3$ ) en los tres estratos superiores.

	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Testigo	1,22a	1,23a	1,26a
Descompactado	1,17a	1,20a	1,34a

En cuanto al parámetro infiltración, en la Tabla 2 se aprecia la homogeneidad observada entre ambos tratamientos. Estos resultados no son concordantes con lo citado por del Barrio (1984) quien encontró diferencias significativas en suelos con distintos manejos a lo largo de varios años. La pérdida del efecto de la descompactación con el tiempo percibida a través del parámetro infiltración sería coincidente con lo apreciado por Álvarez et al. (2006). Estos resultados también pueden corresponderse con lo cuantificado por Soracco et al. (2005) en cuanto a la relación entre los datos de densidad aparente e infiltración.

Tabla 2. Infiltración y Materia seca en ambos tratamientos (Infiltración en mm/h, Materia Seca en  $g/m^2$ ).

	Infiltración (mm/h)	Materia seca ( $g/m^2$ )
Testigo	38,0a	222,3a
Descompactado	38,3a	448,3b

En la Tabla 2 se aprecia además la materia seca obtenida por metro cuadrado en ambos tratamientos. El tratamiento descompactado duplica la masa del testigo, al igual que Tolon-Becerra et al., (2011); Marinello et al., (2017) y Jorajuría et al. (1997) quienes encontraron reducciones de rendimiento a causa de compactaciones inducidas. La persistencia del efecto de la descompactación sobre la variable rendimiento, coincide con Vepraskas et al. (1995) quienes manifiestan que los efectos del subsolado se mantienen dos años después de la labranza. Busscher et al. (1986) en cambio sostienen que el efecto se manifiesta sólo en las etapas tempranas del crecimiento de raíces, por la recompactación posterior que sufre el suelo. En el ensayo realizado, si bien el suelo descompactado adquiere nuevamente resistencia mecánica, se evidencia una diferencia de rendimiento de materia seca que justifica la labor aún dos años después de realizada, en coincidencia con lo manifestado por Barber (1994) quien determinó que si bien hay reconsolidación posterior a la labranza, la misma no afecta el crecimiento radicular tanto como el testigo sin laboreo.

## CONCLUSIONES

La resistencia a la penetración evidencia los beneficios de la descompactación luego de dos años de realizada la labor. Los efectos benéficos significativos de la descompactación sobre el rendimiento de materia seca son cuantificables aún dos años después de realizada la labor.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alakukku, L 1996. Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. I Short-term effects on the properties of clay and organic soil. Soil and Tillage Research, Amsterdam, Netherlands. Vol 37: 211-222.
- Álvarez, CR; MA Taboada; C Bustingorri & FH Gutiérrez Boem. 2006. Descompactación de suelos en siembra directa: efectos sobre las propiedades físicas y el cultivo de maíz. Ciencia del Suelo 24: 1-10.
- Barber, RG 1994. Persistence of loosened horizons and soybean yield increases in Bolivia. Soil Science Society of America Journal. 58: 943-950.
- Botta, GF; A Tolon Becerra & F Bellora Melcon. 2009. Seedbed compaction produced by traffic on four tillage regimes in the rolling Pampas of Argentina. Soil & Tillage Research 105: 128-134

- Busscher, WJ; RE Sojka & CW Doty. 1986. Residual effects of tillage on Coastal Plain soil strength. *Soil Science*. 141: 144-148.
- Colareda, GO 2013. Persistencia de la descompactación en sistema de Siembra Directa. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata, Argentina. 42 pp.
- Daddow, RL & GE Warrington. 1983 Growth-limiting soil bulk densities as influenced by soil texture. Fort Collins: USDA, Forest Service, p.1-17
- del Barrio, R.A. 1984. Infiltración de agua en suelos de la Región Pampeana. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 5 (3): 183-191.
- Elisei, J; B Bonel; C Irurtia; N Gonzalez; C Senigagliesi & R Mon. 2012. Efectos de diferentes escarificadores en propiedades físicas de suelo y enraizamiento del cultivo de maíz. *Istro paper número 299*. 19th Istro Conference. IV SUCS meeting. Striving for Sustainable High Productivity, 24 al 28 de septiembre, 2012, Montevideo, Uruguay, 7 pp.
- Hilbert, JA & M Pincu. 2000. Demanda energética de subsoladores Paratill. VI Congreso Argentino de Ingeniería Rural, II Congreso Americano de Educación en Ingeniería Agrícola. Departamento de Ingeniería Agrícola y Uso de la Tierra. Universidad de la Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Argentina.
- Hillel, D 1998. *Environmental soil physics: Fundamentals, applications, and environmental considerations*. Elsevier. (San Diego, USA. 771pp).
- INTA. 2010. Carta de Suelos de la República Argentina. Series de Suelo. Disponible en: [http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/series/Los\\_Naranjos.htm](http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/series/Los_Naranjos.htm). Último acceso: marzo 2018.
- Jones, CA 1983. Effect of soil texture on critical bulk density for root growth. *Soil Science Society of America Journal*. 47: 1208 – 1211.
- Jorajuría, D; L Draghi; A Aragón. 1997. The effect of vehicle weight on the distribution of compaction with depth and the yield of *Lolium* (*Trifolium* grassland). *Soil and Tillage Research*. 41: 1–12.
- Jorajuría, D 2005. Compactación del suelo agrícola bajo tráfico. Una revisión. En: *Reología del Suelo Agrícola Bajo Tráfico*. ISBN: 950-34-0334-0. EDULP pp:39-55.
- Marinello, F; A Pezzuolo; D Cillis; A Chiumenti & L Sartori. 2017. Traffic effects on soil compaction and sugar beet (*Beta vulgaris* L.) taproot quality parameters. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 15(1), 8 pages
- Soracco, G; T Palancar & S Fajardo. 2005. Relación entre densidad aparente seca e infiltración del agua en el suelo. XIII jornadas de Jóvenes Investigadores de Universidades del Grupo Montevideo (AUGM). Universidad de Tucumán. Resúmenes, pp. 162. Editado en CD.
- Threadgill, ED 1982. Residual tillage effects as determined by cone index. *Transaction of the ASAE.*, St. Joseph. 25: 859-863.
- Tolon-Becerra, A; XB Lastra-Bravo; GF Botta; M Tourn; P Linares; M Ressia & R Balbuena. 2011. Traffic effect on soil compaction and yields of wheat in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9 (2): 395-403. <https://doi.org/10.5424/sjar/20110902235-10>
- Vepraskas, MJ; WJ Busscher & JH Edwards. 1995. Residual effects of deep tillage vs, no-tillage corn root growth and grain yield. *Journal of Production Agriculture* 8(3): 401-405.