

## IMPACTO DEL TRÁFICO DE SIEMBRA SOBRE SUELOS SIN LABRANZA. EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DEL DESCOMPACTADO MECÁNICO.

PALANCAR, Telmo<sup>1</sup>; Antonino TERMINIELLO<sup>1</sup>; Daniel JORAJURÍA<sup>1</sup>; Laura DRAGHI<sup>1</sup>; Jorge CLAVERIE<sup>1</sup>; Roberto BALBUENA<sup>1</sup>; Jorge HILBERT<sup>2</sup>; Pablo COLTRINARI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, U.N.La Plata. Calle 60 y 119. CP 1900 [telmo@ceres.agro.unlp.edu.ar](mailto:telmo@ceres.agro.unlp.edu.ar)

<sup>2</sup> Instituto de Ingeniería Rural INTA Castelar

### Resumen

La compactación del terreno es una de las principales causas de la disminución de los rendimientos de los cultivos, ya que provoca un impedimento para el desarrollo del sistema radicular de los mismos. La variable resistencia a la penetración es una medida adecuada para evaluar rápidamente la compactación de los suelos. La presión en el área de contacto rueda-suelo es la responsable de la compactación superficial. Una de las posibilidades para eliminación de capas densas es la labranza profunda con escarificadores. Los objetivos operacionales de este trabajo fueron evaluar el impacto de la labor de siembra sobre la reacción del suelo al pasaje del tractor y la sembradora y diferenciar el comportamiento de un suelo subsolado frente a un testigo sin tratamiento mecánico. Sobre un Argiudol típico se establecieron dos tratamientos de labranza: 1) Testigo sin descompactar (T) y 2) Cultivie, descompactado hasta los 30cm de profundidad (C) y tres situaciones de tránsito producidos en la labor de siembra que fueron tomados como subtratamientos: a) Huella del Tractor (HT); b) Huella de la Sembradora (HS) y c) No Huella (NH). Se evaluó la resistencia a la penetración y la humedad gravimétrica del suelo hasta los 500 mm de profundidad. El suelo tratado mecánicamente, presentó una menor impedancia en todas las profundidades evaluadas en todas las instancias de medición. Por debajo de la profundidad de descompactado se siguió midiendo una menor impedancia que en el testigo que podría deberse a un aumento de la presencia de raíces incorporadas a horizontes más profundos. Dentro del tratamiento Testigo los mayores incrementos de resistencia a la penetración fueron producidos por el pasaje de la sembradora debido a su mayor presión de contacto rueda-suelo. Dentro del tratamiento Cultivie el pasaje del tractor fue el que produjo el mayor incremento debido probablemente a la interacción entre las ruedas de tractor y sembradora ante un suelo de muy baja capacidad portante. El tratamiento de descompactación persiste en los cuatro meses posteriores a haber sido efectuado. El suelo tratado mecánicamente muestra una disminución de la resistencia a la penetración desde la superficie hasta la profundidad de escarificación y la mantiene aún por debajo de ésta.

### Introducción

Voorhees (1989) afirma que la compactación del terreno es una de las principales causas de la disminución de los rendimientos de los cultivos, ya que provoca un impedimento para el desarrollo del sistema radicular de los mismos, limitando la normal y necesaria captación de los nutrientes. Asimismo, considera que la variable resistencia a la penetración es una medida adecuada para evaluar rápidamente la compactación de los suelos, debiendo contrastarse con datos de humedad adecuados. Según Botta *et al.* (2002), el tráfico vehicular es el principal responsable de la compactación en suelos bajo producción, siendo la textura y su contenido de humedad los aspectos más relevantes en relación a la reducción del espacio poroso.

De acuerdo a la profundidad que se considere puede hablarse de compactación superficial, cuando aquella ocurre en los primeros 400 mm de profundidad, y subsuperficial cuando ocurre

a profundidades mayores a los 400 mm (Claverie *et al.*, 2000). Trabajos realizados (Botta *et al.*, 2002), concluyen que la presión en el área de contacto de la primer pasada es responsable de la compactación superficial, y no así la masa del mismo, mientras que de la compactación subsuperficial no es responsable la relación diámetro del neumático/suelo sino de la capacidad portante por eje.

Si bien la siembra directa tiende a mejorar la conservación del suelo, coexisten resultados contradictorios en cuanto a la compactación, evolución y persistencia en el tiempo. Debe realizarse un seguimiento de la densidad aparente y la resistencia a la penetración, puesto que ambos factores pueden modificar la infiltración, crecimiento radicular y el rendimiento de los cultivos (Unger 1996). Una de las posibilidades para eliminación de capas densas es la labranza profunda con escarificadores (Taboada *et al.*, 1996). Este tipo de labranzas demanda gran consumo de energía, pudiéndose detectar los cambios producidos en la impedancia mecánica por medio de la medición de la resistencia a la penetración (Perumpral y Montavani, 1994).

Al respecto es usual relacionar la resistencia a la penetración con el crecimiento de las raíces o producción de cereales u otros cultivos (Wilcox *et al.* 2000). También el umbral de penetración de raíces se relaciona con el porcentaje de arcilla del suelo, (Glinski y Lipiec.1989). Es generalmente aceptado que valores de resistencia a la penetración de 1,5 MPa reducirían el crecimiento de las raíces, y de 2 o más MPa lo impedirían (Treadgill, 1982).

El objetivo direccional del presente trabajo implica un aporte al conocimiento de la reacción del suelo al pasaje de maquinarias agrícolas, y su relación a la variación de la macroporosidad como propiedad física básica. Han sido a su vez objetivos operacionales evaluar el impacto de la labor de siembra sobre la reacción del suelo al pasaje del tractor y la sembradora y diferenciar el comportamiento de un suelo subsolado frente a un testigo sin tratamiento mecánico.

## **Materiales y Métodos**

El ensayo se realizó en el establecimiento "La Fe" de la localidad de San Antonio de Areco, Provincia de Buenos Aires ( 34° 18' 10" LS 59 56' 58" LO)". El lote presenta una historia de cinco años de siembra directa y al momento del ensayo se encontraba cubierto de residuos de cosecha de maíz (*Zea mays*). max L). El suelo es franco limoso, clasificado como Argiudol típico (Soil Taxonomy, 1999) y pertenece a la Serie Río Tala.

Sobre el terreno se establecieron dos tratamientos de labranza: 1) Testigo (T) 2) Cultivie (C) y tres situaciones de tránsito producidos en la labor de siembra que fueron tomados como subtratamientos: a) Huella del Tractor (HT); b) Huella de la Sembradora (HS) y c) No Huella (NH). Las instancias de tránsito entre el momento de descompactación y el de cosecha fueron: a) Pasaje de un Tractor con descompactador: Tractor FWD, Valmet 885, 65 Kw de potencia, rodado delantero 13x24R1 y traseros 15x34R1. Masa del tren anterior sin lastre 1,7 Mg y con lastre 2,1 Mg. Masa del tren posterior sin lastre 2,6 Mg y con lastre 3,2 Mg. Descompactador de montantes curvos (designación comercial "Cultivie"), con la siguiente configuración: Rodado 6.50 x 16. Dos Planos de acción distanciados a 0,6 m. Montantes dispuestos en forma convergente, con un distanciamiento entre puntos de vinculación al bastidor de 0,88 m en el plano delantero, determinando una separación de 0,55 m entre órganos activos. En el plano trasero, el distanciamiento entre los puntos de vinculación al bastidor fue de 1,88 m, determinando una separación entre órganos activos de 1,6 m. El despeje del implemento fue de 0,85 m., encontrándose equipado con cuchillas de corte de residuos por delante de la línea de

acción de los órganos activos. La profundidad de trabajo fue de 300 mm y la velocidad de desplazamiento del conjunto de 1,67 ms<sup>-1</sup> b) Pasaje de un Tractor con sembradora: Tractor John Deere 3420, rodado delantero 7,50 x 16, rodado trasero 18,4 x 34. Trocha: 1.85 m. Masa del tren anterior sin lastre 1,1 Mg y con lastre 1,5 Mg. Masa del tren posterior sin lastre 2,3 Mg. y con lastre 3,5 Mg. Sembradora John Deere 1560, rodado delantero y trasero 12,5 x 15. Trocha delantera: 0,55 m, trocha trasera: 2,60 m. Distancia entre líneas de siembra: 0,38 m. Cantidad de surcos: 11. Masa total 3,9 Mg.

El diseño experimental utilizado fue en franjas o bloques divididos. Se establecieron 3 bloques con 2 parcelas cada uno de 8 metros de ancho por 50 metros de largo. Se evaluó la resistencia a la penetración con un penetrómetro de cono electrónico RIMIX CP20, construido bajo Norma ASAE S313.3, con principio de medición de profundidad por ultrasonido. Como variable explicativa se realizaron mediciones de humedad gravimétrica del suelo y se tomaron hasta los 500 mm de profundidad. Los datos se analizaron estadísticamente mediante un ANOVA, las medias fueron comparadas por el test de LSD (P<0,05).

## Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se observa la evolución de la resistencia a la penetración en el período estudiado en ambos tratamientos: Testigo (sin descompactar) y Cultivie (descompactado).

**Tabla 1: Resistencia a la penetración en kPa(RP) y % Humedad (H) de los dos tratamientos, en las cinco profundidades, en las tres instancias de medición, después de los pasajes de las máquinas, promedio de los tres lugares de medición (subtratamientos).**

	0-10		10-20		20-30		30-40		40-50	
	RP	H	RP	H	RP	H	RP	H	RP	H
<b>11-11-04</b>										
Cultivie	1309a	23,6a	1051a	28,5b	1056a	32,3b	1710a	36,3a	2469a	35,3a
Testigo	2143b	24,0a	1336b	25,8a	1335b	29,2a	2034b	33,8a	3004b	37,0a
<b>16-12-04</b>										
Cultivie	712a	28,4a	1219a	26,6a	1087a	31,1a	1498a	33,2a	2150a	34,7a
Testigo	980b	28,3a	1166a	27,0a	1105a	29,9a	1691b	34,7a	2681b	35,3a
<b>15-03-05</b>										
Cultivie	1146a	27,2a	1695a	25,9b	1922a	26,8b	2506a	27,4a	3072a	30,1a
Testigo	2022b	26,7a	2209b	24,3a	2287b	24,4a	2714b	30,5a	3146a	28,4a

Letras diferentes en sentido vertical (dentro de los recuadros) indican diferencias estadísticas significativas por el test de LSD (P<0,05)

Del análisis de estos datos, pueden inferirse dos cosas: la primera totalmente esperable y es el hecho de que el suelo tratado mecánicamente, presenta una menor impedancia en todas las profundidades evaluadas. La segunda, en cambio, amerita al menos una hipótesis "ad-hoc", puesto que por debajo de la profundidad de descompactado se siguió midiendo una menor impedancia que en el testigo. Esto y a pesar de que la humedad levemente menor en algunas profundidades del no escarificado, podría justificar un incremento de la RP, muestra una disminución muy marcada (aprox. 300 kPa) de esa RP. Podría deberse a un aumento de la presencia de raíces incorporadas a horizontes más profundos, merced al incremento de la macroporosidad y con ella la fertilidad actual a esa profundidad. Eventualmente, dentro del período desde pasaje de máquinas a las sucesivas mediciones, puede haber habido en un comienzo una mayor humedad presente a esa profundidad, que fuera disminuyendo con el tiempo. No obstante esta disminución de la resistencia a la penetración del tratamiento Cultivie con respecto al Testigo, puede verse que los valores remanentes por debajo de los 300mm

superan los valores de 1,5 y 2 MPa que Treadgill (1982) cita como limitantes para el crecimiento radicular por lo que el posible aflojamiento por debajo de esta profundidad tendría un efecto limitado.

**Tabla 2: Resistencia a la penetración en kPa(RP) y % Humedad (H) de los distintos subtratamientos del tratamiento Cultivie en las distintas profundidades en las tres instancias de medición.**

<b>CULTIVIE</b>	0-10		10-20		20-30		30-40		40-50	
	RP	H	RP	H	RP	H	RP	H	RP	H
<b>11-11-04</b>										
Sin huella	984a	23,5ab	1007a	27,7a	934a	31,7a	1539a	34,8a	2115a	34,6a
Sembradora	1335b	22,4a	1015a	28,4a	975a	32,8a	1741b	35,9a	2640b	34,3a
Tractor	1623c	25,0b	1132b	29,8a	1262b	32,2a	1855c	38,2a	2655b	36,7a
<b>16-12-04</b>										
Sin huella	482a	29,8a	892a	25,8a	935a	28,8a	1298a	33,0a	1959a	33,6a
Sembradora	703b	26,9a	1181b	27,3a	1008a	30,0a	1514b	31,7a	2323c	35,3a
Tractor	954c	28,5a	1595c	26,7a	1333b	34,0a	1685c	34,8a	2146b	35,3a
<b>15-03-05</b>										
Sin huella	1046a	24,5a	1539a	25,4a	1683a	25,3a	2289a	28,1a	3048ab	30,3a
Sembradora	1030a	26,6a	1585a	26,5a	1898b	27,6a	2472b	27,6a	2995a	30,6a
Tractor	1320b	30,5a	1911b	26,0a	2146c	27,4a	2728c	26,4a	3165b	29,2a

Letras diferentes en sentido vertical (dentro de los recuadros) indican diferencias estadísticas significativas por el test de LSD (P<0,05)

En el suelo con tratamiento mecánico (Tabla 2), el pasaje del tractor produjo un mayor incremento de la RP que la sembradora. Esto pudo deberse al hecho de que el suelo descompactado tiene tan baja reacción frente al sin tratamiento mecánico, que el tractor a pesar de tener una presión de contacto rueda/suelo menor, colapsó en mayor grado que la sembradora con mayor presión específica, sobre el mismo suelo. En esa condición de tan baja capacidad portante del suelo descompactado, las huellas dejadas por las ruedas de la sembradora, sufrieron una interferencia de las presiones ejercidas por las ruedas del tractor, distanciadas sólo 0,28m de las primeras.

**Tabla 3: Resistencia a la penetración en kPa(RP) y % Humedad (H) de los distintos subtratamientos del tratamiento Testigo en las distintas profundidades en las tres instancias de medición.**

<b>TESTIGO</b>	0-10		10-20		20-30		30-40		40-50	
	RP	H	RP	H	RP	H	RP	H	RP	H
<b>11-11-04</b>										
Sin huella	2019a	25,6a	1350a	26,0a	1264a	29,4a	1926a	33,7a	2826a	38,9a
Sembradora	2216b	23,0a	1332a	25,7a	1438b	28,3a	2219b	32,1a	3266b	35,8
Tractor	2193b	23,4a	1326a	25,7a	1301a	30,0a	1952a	35,6a	2921a	36,0a
<b>16-12-04</b>										
Sin huella	949a	29,0a	1038a	25,6a	970a	30,5ab	1597a	34,6a	2669a	35,0a
Sembradora	1063b	28,6a	1255b	26,0a	1150b	31,8b	1770b	35,5a	2718a	35,5a
Tractor	927a	27,3a	1201b	29,3a	1193b	27,1a	1703b	34,1a	2654a	35,4a
<b>15-03-05</b>										
Sin huella	1919a	27,8a	2118a	24,7a	2123a	25,9a	2572a	26,8a	2932a	27,5a
Sembradora	2129b	26,8a	2278b	23,9a	2366b	23,6a	2880b	40,3a	3495b	27,1a
Tractor	1989ab	25,5a	2220ab	24,6a	2366b	23,8a	2680a	24,2a	3021a	30,7a

Letras diferentes en sentido vertical (dentro de los recuadros) indican diferencias estadísticas significativas por el test de LSD (P<0,05)

En el suelo sin tratamiento mecánico (Tabla 3) las diferencias entre los subtratamientos que recibieron tránsito y el que no lo recibió no fueron tan marcadas como en el tratamiento Cultivie. Al tener mayor capacidad portante la interferencia con las ruedas del tractor habrían sido menores y el subtratamiento Huella sembradora habría acusado la mayor resistencia a la penetración por su mayor presión de contacto (Botta *et al.*, 2002, Claverie *et al.*, 2000).

Sería recomendable que ensayos futuros incluyesen la evaluación de la densidad aparente tanto como la infiltración básica del suelo debajo de la profundidad de subsolado, para poder inferir las reales causas de la menor resistencia a la penetración debajo del terreno tratado mecánicamente.

## Conclusiones

El tratamiento de descompactación persiste al menos en los cuatro meses posteriores a haber sido efectuado.

El suelo tratado mecánicamente muestra una disminución de la resistencia a la penetración desde la superficie hasta la profundidad de escarificación y la mantiene aún por debajo de ésta.

## Bibliografía

BOTTA G., JORAJURIA D., DRAGHI L. 2002. Influence of the axle load, tyre size and configuration on the compaction of a freshly tilled clayey soil. *Journal of Terramechanics*. Ed. ELSEVIER 39/1. p. 47-54.

CLAVERIE, J., BALBUENA, R., TERMINIELLO, A., CASADO, J.P., MANGHI, E., JORAJURÍA, D. 2000. Compactación inducida por el tráfico de máquinas en suelos forestales. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*. V. 4, n 2, pp 286-289.

GLINSKI J., LIPIEC J. 1989. *Soil Physical Conditions and Plant Roots*. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida. 250 pp.

PERUMPRAL J. V., MONTAVANI E. 1994. Aplicações do penetrometro. Metodología para investigación en manejo de suelos. IICA. Montevideo. Uruguay. *Dialogo XXXIX.*, 45-49.

TABOADA M. A., MICUCCI F. G. Y CONSENTINO D. J. 1996. Evaluación de la siembra directa como causante de compactación en dos suelos de la pampa ondulada. XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Santa Rosa, La Pampa, Argentina: 217-218.

THREADGILL, E. 1982. Residual tillage effects as determined by cone index. *Transactions of the ASAE*, 25 (4): 859-863, 867.

UNGER, P. W. 1996. Reconsolidation of Torrertic Paleustoll after tillage with paratill. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 195-199.

VOORHEES, W.B. 1989. Root activity related to shallow and deep compaction. In *Mechanics and Related Processes in Structured Agricultural Soil*. p. 173-186.

WILCOX A., PERRY N. H., BOATMAN N. D., CHANEY K. 2000. Factors affecting the yield of winter cereals in crop margins. *Journal of Agricultural Science*.