

COMPACTACION EN HAPLUSTOLES DEL SUDOESTE BONAERENSE (ARGENTINA) BAJO CUATRO SISTEMAS DE LABRANZA

H R KRÜGER

INTA EEA Bordenave - CC44 (8187) BORDENAVE, Buenos Aires, Argentina

SOIL COMPACTION IN HAPLUSTOLLS OF THE SOUTH WEST OF BUENOS AIRES PROVINCE (ARGENTINA) UNDER FOUR TILLAGE SYSTEMS

Soil compaction patterns after three sunflower-wheat sequences (6 years), were studied in two Entic Haplustolls of Bordenave (Bs.As., Argentina) under four tillage systems: no till, shallow tillage, chisel ploughing and moldboard ploughing. Tillage treatments did not affect the bulk density of the soils. Cone resistance profiles had greater values for no till in the 0-7.5cm layer and for surface tillage vs. moldboard ploughing in 12.5cm layer in 17 de Agosto Series ($P < 0.05$). Soil compaction susceptibility by Proctor test was lower for no till than for the other treatments in Darregueira Series. Bulk density and cone resistance values would not limit root penetration according to reference values.

Key words: Tillage system - Cone resistance - Semiarid Region

INTRODUCCION

La compactación es un fenómeno ampliamente difundido en la Región Semiárida Pampeana Argentina (Quiroga *et al.* 1991). Aunque en su origen puede existir un componente genético, se atribuye genéricamente al tránsito de maquinaria agrícola y al pisoteo por el ganado (Gifford *et al.* 1977). El incremento en la densidad del suelo resulta en una menor proliferación de raíces (Taylor, Ratliff 1969) y menores tasas de movimiento de agua (Akram, Kemper 1979) y de aire (Grable 1971). Se ha tomado como objetivo de trabajo la caracterización, a través de distintos parámetros físicos, de la compactación producida por cuatro sistemas de labranza, luego de seis años de tratamiento.

MATERIALES Y METODOS

Las parcelas estudiadas formaron parte de un estudio de mayores proporciones conducido, entre 1987 y 1993, en la EEA Bordenave (Prov. de Bs. As., Argentina) sobre suelos clasificados como Haplustoles énticos, series Darregueira y 17 de Agosto, con una profundidad efectiva de 80cm y secuencia de horizontes A-AC-C. La Tabla 1 resume algunas características de los horizontes estudiados. Durante seis años se realizó en cada suelo un total de tres ciclos de cultivo girasol-trigo con los siguientes tratamientos de labranza: 1).-SD (siembra directa); herbicida al iniciar y finalizar los barbechos de girasol y trigo. 2).-LS (labranza superficial); rastra de discos (10-12cm), herbicida y cultivador de campo (8-10cm) en girasol. 3).-LV (labranza vertical); rastra de discos (10-12cm), cincel profundo (20-22cm) y cultivador de campo (8-10cm) en girasol. 4).-LI (labranza intensiva); arado-rastra (12-15cm), arado de rejas y vertederas (15-18cm) mas rastra de dientes, y rastra de discos (8-10cm) en el barbecho para girasol. En los tratamientos 2,3 y 4 se utilizó rastra de discos y cultivador de campo en los barbechos para trigo, con una profundidad media de trabajo de 10-12cm.

Las determinaciones físicas, realizadas luego de la cosecha del último trigo, incluyeron: 1) densidad aparente por gravimetría,

en capas de 5cm de espesor (seis submuestras por unidad experimental); 2) ensayo Proctor (Proctor 1933), para muestras disturbadas de la capa 0-10cm de cada unidad experimental; y 3) resistencia a la penetración, con penetrometro de impacto de punta cónica (30°) y 5,5 cm² de área lateral. Se utilizaron secciones de compactación perpendiculares al sentido de labranza y siembra, de 3m de largo por 0,25m de profundidad, con un espaciamiento de 0,3m entre observaciones. Los valores de resistencia, obtenidos para profundidades crecientes de 2,5cm, se representaron mediante coordenadas X (distancia al origen de la transecta) e Y (profundidad), determinándose áreas de similar resistencia según rangos previamente definidos. Para la serie 17 de Agosto se evaluó la frecuencia de aparición de cada rango de resistencia en la totalidad de las secciones de compactación. El perfil de resistencia a la penetración se obtuvo promediando los valores correspondientes a cada profundidad. En la serie Darregueira, la resistencia se refirió a un contenido de humedad del 16% utilizando una regresión lineal obtenida previamente (Figura 1). En la serie 17 de Agosto no se realizó este ajuste, por resultar similar el contenido de humedad de las unidades experimentales (17%).

El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones en la serie Darregueira y cinco en la serie 17 de Agosto, en parcelas de 8x15m. La comparación de

Tabla 1.- Contenido de carbono orgánico y análisis textural de los horizontes estudiados.

Serie	Darregueira		17 de agosto	
	Ap	AC	Ap	AC
Horizontes				
Espesor (cm)	23,0	14,0	20,0	16,0
Carbono org.(%)	1,1	-	1,7	-
Arcilla (%)	6,1	11,2	19,4	16,7
Limo (%)	16,6	10,6	34,6	35,6
Arena mf (%)	8,1	5,5	25,1	21,3
Arena f (%)	57,1	58,0	17,3	15,3
Arena m y gr (%)	12,1	14,7	2,1	1,7

tratamientos se realizó por capas y por humedad de compactación, mediante análisis de varianza y separación de medias por el test de Tukey. Para el análisis de varianza de las frecuencias se aplicó previamente la transformación arc sen raíz cuadrada ($\sqrt{x/100}$) (Lison 1976).

RESULTADOS Y DISCUSION

La Figura 2 muestra los valores de densidad aparente obtenidos en ambos suelos. Para cada profundidad, las diferencias entre tratamientos no resultaron significativas ($P < 0,05$) a pesar de los bajos coeficientes de variación registrados (3-5%). Las densidades obtenidas -luego de seis años de tratamiento- no serían limitantes del crecimiento radical, según los valores críticos de 1,75-1,80 Mg m^{-3} y de 1,40-1,50 Mg m^{-3} dados para suelos arenosos y arcillosos respectivamente (Zimmerman, Kardos 1961; Griffith *et al* 1986). Aunque es conocida la compactación superficial producida en siembra directa, esta sólo se hizo evidente por un ligero incremento de la densidad aparente en 5-10cm respecto de las demás profundidades, sin diferencias estadísticas con los tratamientos labreados. La remoción e incorporación superficial de residuos durante seis operaciones de siembra (tres de ellas de trigo a 25cm entre surcos), y la observación de macroporos de origen biológico durante el muestreo, contribuyen a explicar esta ausencia de diferencias entre siembra directa y los tratamientos de labranza.

La Figura 3 muestra los perfiles de resistencia de ambos suelos. Para la serie 17 de Agosto, SD mostró mayor resistencia que los restantes tratamientos entre 0 y 7,5cm y LS que LI en 12,5cm ($P < 0,05$). En la serie Darregueira, aunque la tendencia indica mayor resistencia a 2,5 y 5cm de profundidad en SD, y a 12,5cm en LS, las diferencias no fueron significativas. Considerando los valores críticos de 2,5-3 MPa dados por Demmi y Puricelli (1987), las resistencias promedio observadas no serían limitantes para la penetración radical. El aumento de los valores de resistencia en la superficie de SD es coherente con observaciones cualitativas realizadas con pala y muestra una mayor sensibilidad que la densidad aparente en la detección de este tipo de compactaciones de corto plazo. Resultados similares se han observado en trabajos que utilizaron ambos parámetros en la determinación de capas limitantes (Greacen *et al.* 1969, Russell 1977).

La frecuencia de ocurrencia de los distintos rangos de resistencia en la serie 17 de Agosto se presenta en la Tabla 2, para las capas 0-10cm y 10-17,5cm. Se observó mayor frecuencia de valores de alta resistencia para SD en la capa 0-10cm y para LS, respecto de LI, en la capa 10-17,5cm; los restantes tratamientos no presentaron diferencias entre sí. En la capa 17,5-27,5cm las diferencias entre tratamientos fueron reducidas y sin significación estadística (datos no presentados). Al producirse escasa remoción en SD, el efecto de compactación por rodados fue acumulativo, justificando la mayor proporción de este rango de resistencia en la capa superficial, respecto de los demás tratamientos que removieron el suelo hasta 10cm en las últimas labores para trigo.

La presencia de una capa relativamente resistente a partir de los 10cm coincide con el piso de labranza de las

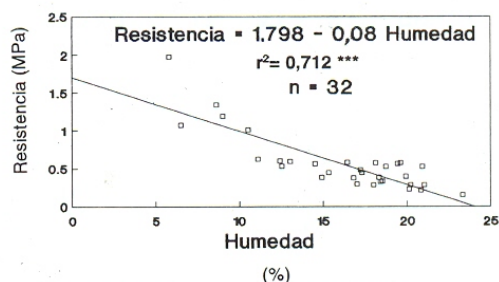


Figura 1. Relación entre la humedad y la resistencia a la penetración

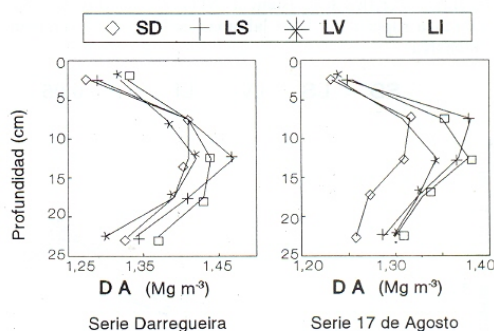


Figura 2. Variación de la densidad aparente (CDA) en función de la profundidad. SD= siembra directa, LS= labranza superficial, LV= labranza vertical, LI= labranza intensiva

Tabla 2. Frecuencia de ocurrencia (%) de los rangos de resistencia a la penetración, determinadas en las secciones de compactación de la serie 17 de Agosto.

Treat.	>1 MPa	1-0,8 MPa	0,8-0,5 MPa	<0,5 MPa
Profundidad 0-10 cm				
SD	23,0 a	17,5 a	17,5 a	42,0 b
L	6,0 b	8,5 a	21,0 a	64,5 a
LV	4,0 b	6,0 a	15,5 a	74,5 a
LI	4,5 b	7,5 a	14,0 a	74,0 a
Profundidad 10-17,5 cm				
SD	27,4 ab	18,7 a	43,3 ab	10,6 a
LS	36,0 a	30,7 a	25,3 b	8,0 a
LV	17,3 ab	23,3 a	43,4 ab	16,0 a
LI	11,3 b	20,7 a	54,0 a	14,0 a

En cada rango de resistencia, valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente ($P < 0,05$). SD= siembra directa, LS= labranza superficial, LV= labranza vertical, LI= labranza intensiva

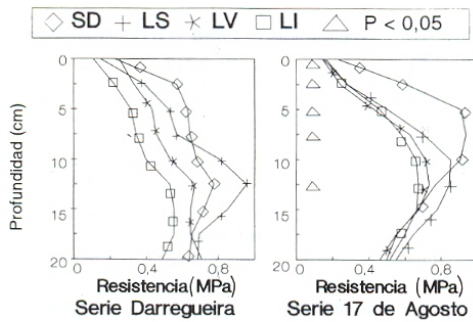


Figura 3. Perfiles de resistencia - SD= siembra directa, LS= labranza superficial, LV= labranza vertical, LI= labranza intensiva

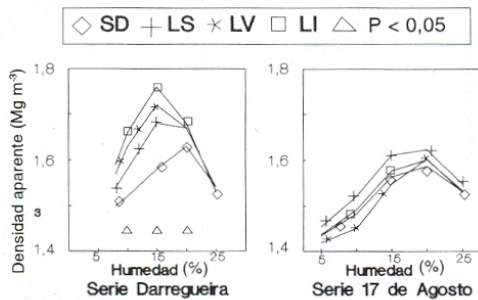


Figura 4. Densidad aparente máxima SD= siembra directa, LS= labranza superficial, LV= labranza vertical, LI= labranza intensiva

labores superficiales. Estudios de rotaciones de largo plazo sobre suelos comparables, también mencionan la compactación de la capa 11-14cm por labranzas del tipo de LI, y la recompactación -por labranzas superficiales- luego del uso de arado cincel (Andriulo *et al.* 1990). La realización de labranzas con el suelo húmedo durante los barbechos para trigo, tendría importante influencia sobre la formación de esta capa si se considera el efecto de la humedad de compactación sobre la densidad aparente máxima.

La Figura 4 muestra las curvas de variación de la densidad aparente con la humedad de compactación. Para la serie Darregueira, SD mostró menor densidad aparente que LI a una humedad de compactación del 10%, y que todos los tratamientos para humedades de 15 y 20% ($P < 0,05$). El valor máximo se produjo además a una humedad del 20%, respecto del 15% en los restantes. En la serie 17 de Agosto, las diferencias entre tratamientos no fueron significativas.

El test Proctor ha sido utilizado como indicador de la susceptibilidad y el estado de compactación de horizontes edáficos (Andriulo *et al.* 1990). Según Stengel *et al.* (1984), los valores de densidad máxima determinados en la capa superficial corresponden a suelos de compactabilidad alta. Estos valores indican que, de prolongarse en el tiempo los tratamientos en la serie Darregueira, la probabilidad de alcanzar niveles críticos de densidad aparente sería menor en SD. Contenidos de carbono orgánico mas elevados en la capa superficial (Krüger 1996), explicarían en parte las menores densidades máximas obtenidas para este tratamiento, en función de una condición estructural mas favorable.

REFERENCIAS

- Akram M, Kemper W. 1979. Infiltration of soils as affected by the pressure and water content as the time of compaction. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43 1080-1086.
- Andriulo A, Galantini J, Iglesias J, Torioni E, Rosell R y Glave, A. 1990. Sistemas de producción con trigo en el Sudoeste Bonaerense. I.- Propiedades físico-mecánicas del suelo. II Congr. Nac. de Trigo. Argentina I: 209-218
- Demmi M, Puricelli C. 1987. La compactación de los suelos en la Región Centro-Este de la Pcia. de San Luis. EEA INTA San Luis. Inf. Tec. Nº 111 24pp.
- Gifford G, Faust R, Coltharp G. 1977. Measuring soil compaction on rangeland. *Jour. of Range Management.* 30 457-460.
- Grable A. 1971. Effects of compaction on content and transmission of air in soils. En: K.K. Barnes *et al.* (Ed.). *Compaction of Agricultural Soils.* Am. Soc. Agricultural Engineering Monograph. Nº 1.
- Greacen E, Barley K, Farrell D. 1969. The mechanics of root growth in soils with particular reference to the implications for root distribution. Whittington (Ed.) *Root growth.* Butterworths, London 256-269
- Griffith D, Mannering J, Box E. 1986. Soil and moisture management with reduced tillage. Sprague M, Triplett G. (Ed.). *No tillage and surface-tillage agriculture.* J. Wiley Sons. New York 19-58
- Krüger H. 1996. Sistemas de labranza y variación de propiedades químicas en un Haplustol éntico. *Ciencia del Suelo.* 13 53-55
- Lison L. 1976. Estadística aplicada a la biología experimental. EUDEBA (Ed) Buenos Aires, Argentina. 357pp
- Quiroga A, Buschiazzo D, Adema E. 1991. Características edáficas y de manejo en relación con la compactación de los suelos de la Región Semiárida Pampeana Central. X Reunión Nac. de CAPERAS, Argentina 111-112
- Proctor R. 1933. Fundamental principles of soil compaction. *Engineering New Record.* 11, 246pp.
- Rusell R.S. 1977. Plant root system. Their function and interaction with the soil. Mc Graw-Hill Book Co. (Ed.). London
- Stengel P, Douglas J, Guerif J, Goss M, Monnier G, Cannell R. 1984. Factors influencing the variation of some properties of soil in relation to their suitability for direct drilling. *Soil and Tillage Research.* 4 35-53
- Taylor H, Ratliff L. 1969. Root elongation rates of cotton and peanuts as a function of soil strength and soil water content. *Soil Sci.* 108 113-119
- Zimmerman R, Kardos L. 1961. Effect of bulk density on root growth. *Soil Sci.* 91 280-288