

CAMBIOS EN LA DISTRIBUCION DEL ESPACIO POROSO DEBIDOS AL SISTEMA DE LABRANZA Y AL TRANSITO EN UN HAPLUDOL TIPICO DE LA REGION SUBHUMEDA ARGENTINA

J.O. IGLESIAS¹, J.A. GALANTINI², A.M. MIGLIERINA¹, M.R. LANDRISCINI³ y R.A. ROSELL³

Recibido: 22/12/97

Aceptado: 03/03/98

RESUMEN

La distribución del tamaño de poros está relacionada con la estructura y la densidad aparente edáficas, afecta el crecimiento radicular, la absorción de nutrientes, la aireación, la transmisión y retención del agua. En un Hapludol típico, en la localidad de Guanúni, región subhúmeda de Argentina, se estudió el efecto de la siembra directa (SD) y la labranza convencional (LC) sobre la distribución del espacio poroso. Se realizaron determinaciones en distintos sectores afectados (+C) o no (-C) por el tránsito de maquinarias. Luego de 3 años de SD no se observaron diferencias en la porosidad total entre ambos sistemas de labranza, pero sí se modificó la distribución de los distintos tamaños de poros. En LC se observó la mayor cantidad de poros capaces de retener agua útil para el cultivo, mientras que en SD predominaron los poros de drenaje y los poros menores de 0,2 ptm. La compactación producida por el tránsito fue más importante en LC, disminuyendo la porosidad total en la profundidad 0,05-0,15 m. La mayor cantidad de poros grandes (mejor infiltración del agua) y la cobertura de residuos (menores pérdidas por evaporación) de SD compensarían la mayor capacidad de retener agua útil para los cultivos de LC. La respuesta del cultivo al sistema de labranza dependerá de la cantidad, distribución e intensidad de las precipitaciones.

Palabras clave: poros, tránsito, labranzas, densidad aparente.

PORE SIZE DISTRIBUTION CHANGE DUE TWO TILLAGE SYSTEMS AND TRAFFIC IN A TYPIC HAPLUDOLL OF THE ARGENTINA SUBHUMID REGION

SUMMARY

Pore size distribution is related to soil structure and bulk density. It affects root growth, nutrient absorption, aeration, and water transmission and retention. In a Typic Hapludoll located in the subhumid region of Argentina the effect of no-tillage (SD) and conventional-tillage (LC) systems were studied. Total porosity was not affected by tillage systems, but the pore size distribution was changed. Soil with SD had more big and small pores than LC, while LC presents the highest proportion of intermediate pores (available water storage). The highest effect of traffic was found in LC at 0,05-0,15 m depth. Better infiltration conditions and lower losses from runoff and evaporation in SD and highest water storage capacity in LC indicated that water dynamic was affected by tillage system. Crop response to tillage practices will dependent on rainfall distribution an intensity.

Key words: Pore, traffic, tillage systems, bulk density.

INTRODUCCION

Las propiedades físicas del suelo son extremadamente importantes para mantener y mejorar su calidad, la sustentabilidad agrícola y la calidad

ambiental. Una vez degradado el suelo sus propiedades físicas son difíciles de recuperar y mejorar (Lal, 1994). La interacción entre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo generan un

¹Laboratorio de Humus (LAHBIS) Dpto de Agronomía, 8000 Bahía Blanca, Argentina

²CIC, LAHBIS, Dpto de Agronomía, UNS.

³CONICET, Dpto de Agronomía, UNS.

equilibrio dinámico, el cual puede ser alterado por el uso de la tierra, los sistemas de labranza y manejo de los cultivos. La labranza modifica algunas propiedades edáficas afectando la estructura, la densidad aparente, la distribución de poros, la dinámica del agua y la resistencia a la penetración. La retención de humedad del suelo está influida por la distribución del espacio poroso afectando la disponibilidad de agua, nutrientes y la aireación del suelo (Lal, 1994). Cuando predominan los macroporos y biocanales aumenta la capacidad de infiltración y disminuye el escurrimiento superficial, dado que el encostramiento es escaso.

Los efectos de la labranza convencional y conservacionista continua sobre la densidad aparente no son consistentes en el tiempo y son contradictorios. Gantzer y Blaque, (1978) y Pidgeon y Seoane, (1977), detectaron diferencias entre suelos bajo tratamientos con labranza convencional y labranza conservacionista. Otros autores (Tollner *et al.* 1984; Blevins *et al.*, 1977; Shear y Moschler, 1969) no encontraron diferencias significativas.

La penetrometría constituye una de las metodologías más utilizadas para medir la resistencia mecánica del suelo. Phillips y Kirkham (1962) obtuvieron buenas correlaciones entre la disminución del crecimiento de las plantas y la resistencia mecánica del suelo, si bien determinaron valores mayores que los reales. Barley y Greacen (1967) atribuyeron estas discrepancias a las diferencias entre la forma del extremo de la varilla del penetrometro y el de la raíz.

El objetivo de este trabajo fue comparar el efecto de dos sistemas de labranza, siembra directa (SD) y labranza convencional (LC), sobre la densidad aparente (DA), la distribución del tamaño de poros, y la capacidad de agua útil (CAU), de un suelo Hapludol típico de la región subhúmeda de la Argentina.

MATERIALES Y METODOS

El sitio experimental está ubicado en las proximidades de la localidad de Guanún (37° 02' S, 62° 23' 0) en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. El clima es subhúmedo seco, la precipitación media anual 783 mm y la temperatura media anual 15,40 C.

El suelo es un Hapludol típico, mixto, franco, méxico, correspondiente a la serie Santa Elena fase hidromórfica. La secuencia de horizontes es A, B, BC, C, apoyados sobre un manto calcáreo con síntomas de hidromorfismo a partir del horizonte B.

El estudio se realizó en un establecimiento agrícola-ganadero perteneciente a un productor de la zona. Las muestras de suelo se obtuvieron de una parcela sembrada con avena (*Avena sativa L.*) + vicia (*Vicia sativa L.*), que desde hace tres años se encuentra subdividida en dos, mitad bajo siembra directa y mitad bajo labranza convencional. La secuencia de cultivos y prácticas culturales se presentaron en un trabajo previo (Mglierina *et al.*, 1995 La LC incluyó rastras excéntrica, de discos y dientes, previo a la siembra con predominio de labores superficiales. En ambos sistemas se efectuó control químico de malezas. Se ubicaron sectores afectados por el tránsito de equipos (ruedas de tractor o herramientas usadas para las labores agrícolas); se verificaron las diferencias entre lugares compactados (+C) y no compactados (-C) mediante perfiles de penetrometría. Cada sector se muestreo por separado.

A los fines del diseño experimental cada sistema de labranza se dividió en tres bloques; se tomaron seis muestras superficiales (0-0,05 m) y tres en cada una de las restantes profundidades. El muestreo se realizó en junio de 1995 y la avena se encontraba en estado de macollaje.

Se estudiaron las siguientes propiedades físicas edáficas: densidad aparente por el método del cilindro (Blake y Hartge, 1986), capacidad hídrica del perfil y porosidad mediante olla (Klute, 1986) y membrana de presión (Richards, 1947). Cuando se empleó la olla de presión, de cada tratamiento se tomaron muestras no disturbadas (mediante cilindros de volumen conocido) en cada uno de los tres bloques en las profundidades 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15 y 0,15-0,20 m. Para el uso de la membrana de presión se tomaron muestras disturbadas en los tratamientos, bloques y profundidades mencionadas. Se calculó la capacidad de agua útil (CAU) como el agua retenida entre 0,033 y 1,500 Mpa. Se calculó el porcentaje de poros de los siguientes diámetros: > 9,1 μm (poros muy gruesos y gruesos, de drenaje), 9,1-0,7 y 0,7-0,2 μm (poros medios, retención de agua útil, de almacenaje), y <0,2 μm (poros pequeños, de agua no aprovechable por las plantas).

El diámetro efectivo (d, en μm) de poros capaces de retener agua a una determinada presión se estimó a partir de la curva de retención de agua, mediante derivación de la ecuación de ascenso capilar, de la siguiente forma:

$$d = 2r = 30,0 \times 10^{-6} h^{-1}(m)^{-1} \text{ Hassink } et al., 1993) \text{ donde:}$$

h = altura de presión; m = metros y r = radio.

Para estudiar la compactación edáfica, se utilizó un penetrómetro de cono (ASAE Standard. 1990. ASAE S313.2). Las profundidades de muestreo fueron: 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15; 0,15-0,20 y 0,20-0,25 m, en transectas de 3 m de longitud ubicadas tres en SD y tres en LC. Las mediciones se realizaron cada 0,3 m. Conjuntamente se tomaron muestras para determinar la humedad edáfica actual.

Los resultados obtenidos se interpretaron mediante el análisis de la variancia. El test de Tukey se utilizó para la comparación de las medias tomadas de a pares.

RESULTADOS Y DISCUSION

Densidad aparente

Los sistemas de labranza produjeron efectos diferentes sobre la densidad aparente (DA) en

las profundidades estudiadas (Cuadro N° 1). En SD se observó la menor variación con la profundidad y los valores oscilaron entre 1,18-1,29 Mg m⁻³. En LC la DA incremento con la profundidad alcanzando valores máximos 1,45 Mg m⁻³ en el espesor 0,15 y 0,20 m, donde se detectó la presencia de una zona endurecida. A medida que aumenta la profundidad los valores son más altos y estadísticamente diferentes; este efecto coincide con lo reportado por otros autores (Ferrerías *et al.*, 1996). En los sectores no compactados la DA es menor y aumenta en profundidad.

Porosidad Total

En los 0,20 m de suelo no se observaron cambios importantes en la porosidad total (PT) debi-

dos a los tratamientos. Sin embargo, el efecto de la labranza se encontró diferencialmente localizado (Figura 1). En SD los valores de PT no presentaron variación en profundidad observándose algunas diferencias ocasionadas por el tránsito las cuales no fueron detectados estadísticamente. En LC el efecto del tránsito se localizó en el espesor 0,05-0,15 m, posiblemente como resultado de las labores efectuadas durante la preparación de la cama de siembra (rastras de discos).

En LC se observaron los mayores valores de PT en superficie (0-0,05 m) debido a la remoción del suelo y los menores valores en 0,15-0,20 m coincidiendo con el piso de las labores culturales.

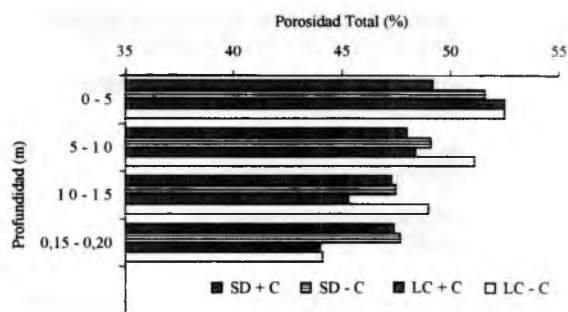


Figura 1. Distribución de la porosidad total (%) de un suelo Hapludol típico, en sitios más compactados (+C) y menos compactados (-C), en siembra directa (SD) y labranza convencional

Cuadro N°1. Densidad aparente (Mg m⁻³), en sitios más compactados (+C) y menos compactados (-C) en siembra directa (SD) y labranza convencional (LC)

Profundidad (m)	SD		LC	
	+C	-C	+C	-C
0-0,05	1,24 aA	1,12 bB	1,11 bD	1,02 cD
0,05-0,10	1,28 aA	1,18 bAB	1,21 bC	1,12 cC
0,10-0,15	1,29 aA	1,21 aA	1,31 aB	1,21 aB
0,15-0,20	1,23 cA	1,18 cAB	1,45 aA	1,31 bA

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (minúsculas) o entre profundidades (mayúsculas). Test de Tukey (P ≤ 0,05)

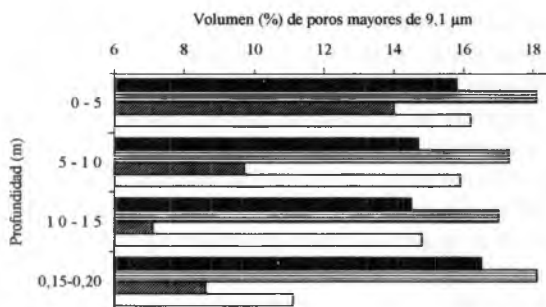


Figura 2a. Volumen de poros mayores a de 9,1 μm , de un suelo Hapludol típico, en sitios más compactados (+C) y menos compactados (-C), en siembra directa (SD) y labranza convencional (LC)

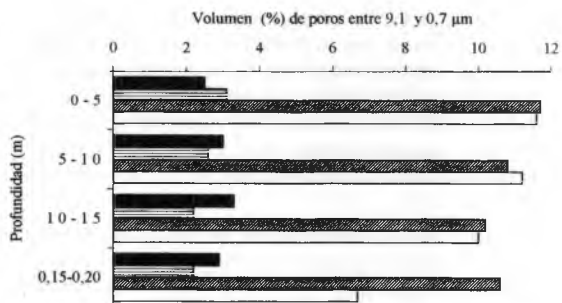


Figura 2b. Volumen de poros entre 9,1 y 0,7 μm , de un suelo Hapludol típico, en sitios más compactados (+C) y menos compactados (-C), en siembra directa (SD) y labranza convencional (LC)

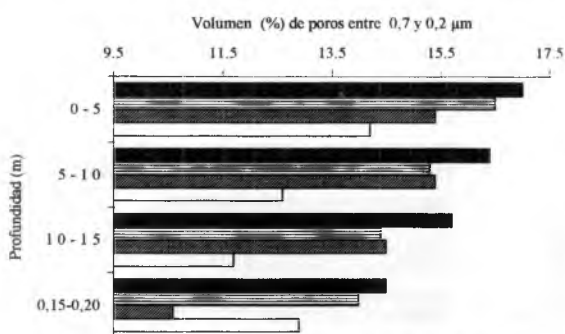


Figura 2c. Volumen de poros entre 0,7 y 0,2 μm , de un suelo Hapludol típico, en sitios más compactados (+C) y menos compactados (-C), en siembra directa (SD) y labranza convencional (LC)

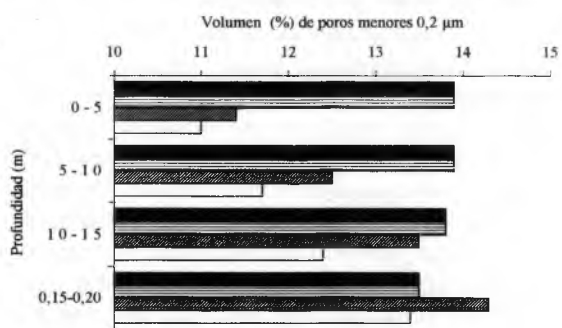


Figura 2d. Volumen de poros menores de 0,2 μm , de un suelo Hapludol típico, en sitios más compactados (+C) y menos compactados (-C), en siembra directa (SD) y labranza convencional (LC)

Tamaño de poros

El volumen de poros mayores de 9,1 μm (poros muy gruesos ó de drenaje rápido) (Figura 2a) fue mayor en SD que en LC, pero sólo estadísticamente diferente en la profundidad 0, 1 5-0,20 m. La mayor cantidad de lombrices observadas en SD cuando se tomaron las muestras favorecerían la presencia de poros grandes (Ehlers, 1975). El tránsito redujo en forma significativa la macroporosidad en los 0-0,15 m de ambos sistemas de labranza; este efecto fue más importante en LC.

El volumen de poros de 9,1 a 0,7 μm (Figura 2b) fue estadísticamente menor en SD, tanto en los sitios -C como +C. La abundancia de poros de 0,7 a 0,2 μm de diámetro (Figura 2c) fue semejante en los diferentes tratamientos. El volumen de poros

menores de 0,2 μm (Figura 2d) fue estadísticamente mayor en SD que en LC, especialmente en las capas superficiales de los sitios +C (O-O, 1 0 m) y -C (O-O, 15 m).

No se observaron diferencias en la porosidad total entre labranzas, pero éstas alteraron la distribución de los diferentes tamaños de poros. Otros autores (Ferrerías *et al.*, 1996; Azooz *et al.*, 1996), encontraron resultados semejantes. El diámetro de poros entre 0,7 y 0,2 μm fue el único que no fue afectado en la mayoría de las profundidades.

La SD favorecería la formación de poros pequeños, debidos a la no labranza, y de poros gruesos a muy gruesos, originados por los organismos del suelo.

La LC produciría poros gruesos y medios,

debido a las labranzas periódicas. Sin embargo, los poros más grandes serían más sensibles al tránsito que en SD.

Estas diferencias en la distribución del tamaño de los poros pueden afectar la dinámica del agua edáfica, ya que con poros grandes la infiltración será mayor (SD), en cambio con mayor volumen de poros de retención el suelo almacenará más agua (LC). Por ello la disponibilidad de agua para los cultivos en ambos sistemas de labranza dependerá de la intensidad y distribución de las precipitaciones.

Capacidad de agua útil (CAW)

La CAU en los 0,20 m superficiales del suelo en SD fue aproximadamente 24% menor que bajo LC (Cuadro N° 2). Los valores encontrados fueron significativamente menores en la mayoría de las profundidades estudiadas. El tránsito de equipos agrícolas produjo un aumento de la CAU, más importante en LC, si bien en ningún caso las diferencias fueron estadísticamente significativas.

Con la aplicación de SD el suelo tendría mejores condiciones físicas para favorecer la penetración del agua de lluvia y, si bien su CAU disminuye, la cobertura de residuos evitaría las pérdidas por evaporación y por escurrimiento. Por otro lado, la LC presentaría condiciones no tan favorables, especialmente con lluvias intensas que serían compensadas por su mayor CAU. Por lo expuesto, las características de las precipitaciones (canti-

dad, distribución e intensidad) condicionarán la respuesta del suelo y el cultivo en ambos sistemas de labranza.

Penetrometria

Considerando que valores de resistencia a la penetración (RP) superiores a 3,0 MPa son indicadores de inhibición para la penetración de las raíces (Hamblin *et al.*, 1982), en ambas transectas y en todo el perfil estudiado no se detectaron liniátaciones para el desarrollo radicular (Cuadro N° 3), debido probablemente al alto contenido de humedad del suelo (20 a 30%).

En SD, la más alta resistencia a la penetración se detectó en la profundidad 0, 15-0,25 m. En LC los valores más altos de RP se encontraron en 0, 10-0,25 m. Si bien los valores de RP fueron menores a 3,0 Mpa, habría que destacar valores más bajos en LC (0-0,05 m) y más altos en profundidad coincidiendo con el tipo de labranza. La LC remueve en superficie pero compacta en profundidad (piso de labores de los equipos). La SD presentó valores semejantes a lo largo del perfil.

Humedad actual

La humedad edáfica actual presentó los mayores valores en SD en todas las profundidades estudiadas (Cuadro N°4); resultados semejantes fueron observados por otros autores (Dao, 1993; Ferreras y Costa, 1996).

El disturbio del suelo superficial debido a las

Cuadro N°2. Capacidad de agua útil (mm), en sitios más compactados (+C) y menos compactados (-C) de un suelo Hapludol típico, bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC)

Profundidad (m)	SD		LC	
	+C	-C	+C	-C
0-0,05	9,75 b	9,80 b	13,55 a	12,90 a
0,05-0,10	9,70 ab	8,95 b	13,10 a	11,90 a
0,10-0,15	9,50 b	8,30 b	12,35 a	10,85 a
0,15-0,20	8,70 ^a bc	8,10 c	10,60 a	9,80 ab
0-0,20	37,65	35,15	49,60	45,45

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$). Test de Tukey

Cuadro N°3. Perfiles de penetrometría (en MPa) de un suelo Hapludol típico en dos transectas, bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC), Datos correspondientes a tres determinaciones.

SD										
metros de origen										
Prof (m)	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00
0-0,05	1,0	1,0	0,9	1,1	0,9	0,9	0,9	1,1	1,2	1,1
0,05-0,10	0,9	0,9	1,1	1,0	0,8	0,9	0,7	0,9	1,1	1,1
0,10-0,15	1,1	1,1	0,9	1,1	0,9	1,1	0,9	1,0	1,4	1,0
0,15-0,20	1,3	1,2	1,2	1,2	1,6	1,3	1,0	0,9	1,9	1,1
0,20-0,25	1,3	1,1	1,3	1,3	1,6	1,2	0,9	0,9	1,7	1,2

LC										
metros de origen										
Prof (m)	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00
0-0,05	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,6	0,5
0,05-0,10	1,3	1,0	1,3	1,2	0,8	0,7	0,5	0,9	1,0	0,7
0,10-0,15	1,6	1,4	1,6	1,6	1,4	1,4	1,1	1,3	2,0	1,2
0,15-0,20	1,6	1,5	1,8	1,8	1,5	1,5	1,4	1,2	2,1	1,5
0,20-0,25	1,6	1,4	1,5	0,9	1,4	1,3	1,8	1,4	1,5	1,3

Cuadro N°4. Humedad edáfica actual (%) de un suelo Hapludol típico en dos transectas, bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC), Datos correspondientes a tres determinaciones.

SD										
metros de origen										
Prof (m)	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00
0-0,05	31	29	29	29	30	27	27	27	30	28
0,05-0,10	30	28	28	28	27	26	27	25	27	26
0,10-0,15	27	27	21	27	28	27	25	25	27	26
0,15-0,20	27	27	26	26	26	28	26	25	26	25
0,20-0,25	26	25	27	27	26	26	26	24	25	25

LC										
metros de origen										
Prof (m)	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00
0-0,05	20	19	20	19	14	22	18	21	21	19
0,05-0,10	25	24	24	25	21	26	22	24	25	22
0,10-0,15	24	24	22	24	24	27	25	25	26	24
0,15-0,20	23	23	22	22	22	22	26	24	24	24
0,20-0,25	22	23	22	23	22	23	22	25	22	22

labranzas en LC, sería el responsable de los menores valores encontrados en la profundidad 0-0,05 m; en cambio la ausencia de labranzas en SD con la consecuente acumulación de residuos que impide las pérdidas por evaporación y/o escurrimiento, produjeron los mayores valores de humedad actual encontrados en los 0,10 m superficiales.

CONCLUSIONES

La utilización de 3 años de SD en un Hpludol típico del SO Bonaerense no produjo cambios en la porosidad total del suelo pero alteró la distribución del tamaño de los poros que afectan la dinámica del agua edáfica.

La LC favoreció la formación de poros capaces

de retener agua, incrementando la CAU, pero los contenidos de humedad fueron menores que en SD. En los 0,05 m superficiales del suelo se observaron los menores valores de resistencia a la penetración y de densidad aparente. Como consecuencia del tránsito de la maquinaria se encontraron en la profundidad 0,15-0,20 m valores más altos de DA y menores de PT.

La SD mantuvo la mayor cantidad de poros de drenaje rápido, siendo éstos menos afectados por el tránsito que en LC. La menor capacidad de retener agua útil en SD podría compensarse con mejores condiciones de captación (mayor proporción de poros muy gruesos y gruesos) y retención (cobertura de residuos sin remoción del suelo) del agua de las precipitaciones.

BIBLIOGRAFIA

- ASAE Standard.** 1990. ASAE S313.2. *Soil Cone Penetrometer.*
- AZOOZ, R.H.; M.A. ARSHAD and A.J. FRANZLUEBBERS.** 1996. Pore size distribution and hydraulic conductivity affected by tillage in Northwestem Canada. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:1197-1201.
- BARLEY K.P. and E.L.GREACEN.** 1967. Mechanical resistance as a factor influencing the growth of roots and undergrounds shoots. *Advan Agr.* 19: 1-43.
- BLAKE G.R. and K.H HARTGE.** 1986. Bulk Density p.: 363-375. *In: A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis, Part 1.2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.*
- BLEVINS R.L.; G.W. THOMAS and P.L. CORNELIUS.** 1977. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain properties after 5 years of continuous com. *Agron. J.* 69:383-386.
- DAO H.** 1993. Tillage and winter wheat management effects on water infiltration and storage. *Soil- Sci. Soc Am J.* 57: 1586-1595.
- EHLERS W.** 1975. Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess *Soil Sci.* 199: 242 -249.
- FERRERAS L.A.; J.L. COSTA, R.H. RIZZALLI y F.O.GARCIA.** 1996. Propiedades físicas del suelo bajo labranza convencional y siembra directa en el sudoeste Bonaerense. *Resúmenes XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.* Santa Rosa, la Pampa, 19-24 de Mayo, 17-18.
- FERRERAS L.A. y J.L. COSTA.** 1996. Propiedades hídricas del suelo bajo labranza convencional y siembra directa. *Resúmenes XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.* Santa Rosa, La Pampa, 19-24 de Mayo, 15-16.
- GANTZER C.J. and G.R. BLAQUE.** 1978. Physical characteristics of the Le Seur clay loam soil following no-till and conventional tillage. *Agron. J.* 70: 853-857.
- HAMBLIN A.P.; D. TENNANT and H. CÓCHRANE.** 1982. Tillage and the growth of a wheat crop in a loamy sand. *Aust. J. Soil Res.* 33: 887-897.
- H-ASSINK J.; L.A. BOWMAN; K.B. ZWART; J. BLOEM and L. BRUSSARD.** 1993. Relationships between soil texture, physical protection of organic matter, soil biota, and C and N mineralization in grassland soils. *Geoderma* 57 : 105-128.
- KLUTE A.** 1986. Water Retention: Laboratory Methods. p. 635-661. *In: A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis, Part 1.2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.*

- LAL R. 1994. Manejo de suelos y producción sustentable de tierras de regadío. Curso Internacional de Capacitación "Manejo de suelos y producción sustentable de tierras de regadío". FAO, Roma, Italia (en prensa).
- MIGLIERINA A. M.; M.R. LANDRISCINI; J.A. GALANTINI; R.A.ROSELL y J. O. IGLESIAS. 1995. Comparación de dos sistemas de labranza sobre algunas propiedades edáficas de un Entic Hapludoll de la region subhúmeda Argentina. *Agricultura Técnica (CHILE)* 55 (3-4): 283-287.
- PHILLIPS R.E. and D. KIRKHAM. 1962. Mechanical impedance and com seeding root growth. *Soil Sci. Soc. Amer. Proceed.* 26: 319-322.
- PIDGEON J.D. and SEOANE B.D. 1977. Effects of tillage and direct drilling on soil properties during the growing season in a long-term system. *J. Agric. Sci.* 88: 431-442.
- RICHARDS, L.A. 1947. Pressure-membrane apparatus-construction and use. *Agricultural Engineering* 28: 451-454.
- SHEAR G.M. and W. W. MOSCHLER. 1969. Continuous corn by the no-tillage and convencional tillage methods: A six year comparison. *Agron. J.* 61: 524-526.
- TOLLNER E.W., W.L. HARGROVE and G.W. LAN 1 DGALE. 1984. Influence of convencional and no-till practices on soil physical properties in the southem Piedmont. *J. Soil Water Conserv.* 39 (1): 73-76.