

NOTAS

CAMBIOS EN LA DISTRIBUCIÓN DEL ESPACIO POROSO DE UN SUELO ENTIC HAPLUSTOLL CON DIFERENTES SECUENCIAS DE CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA DE ARGENTINA¹

Changes of the pore space distribution of an Entic Haplustoll under different crops rotations in the Argentinian semi-arid region

Julio Iglesias G.², Juan Galantini S.³, Ramón Rosell C.⁴, Ana Miglierina P.²
y María Landriscini R.⁴

SUMMARY

The effect of crop and tillage systems and N-P fertilization on the distribution of the pore space of a sandy loam Entic Haplustoll of the Pampean semiarid region was studied.

The following tillage and crop sequence were evaluated: TT, continuous wheat; TP, one year wheat -one year livestock grazing rotation; TV, two years wheat- two years winter green crops (*Vicia sativa* with triticale).

TP received conventional tillage (short fallow, disk plowing and harrowing and flat seeding); TT and TV had conservation tillage (5 month fallow, chisel plowing and deep-furrow seeding). Half of all plots was annually fertilized (f, 64 kg ha⁻¹ of N and 37 kg ha⁻¹ of P at seeding time) and the other half was not fertilized (nf).

Bulk density, soil water availability and pore space distribution were measured (small pores < 0.19 µm, medium 0.19-8.81 µm, and big > 8.81 µm). Results showed that changes in the pore space occurred in the surface layers (0-0.07; 0.07-0.14 m). TT and TV systems showed higher proportion of medium pores and higher levels of water capacity than the TP treatments.

Key words: soil tillage, crop rotation, pore space, water availability, Argentina.

INTRODUCCIÓN

La labranza del suelo y la rotación de cultivos afectan su estructura, modificando la densidad aparente, la distribución de poros, la dinámica del agua edáfica y la producción de los cultivos.

Un manejo inadecuado de las prácticas de labranza con el objeto de aumentar la productividad en la región semiárida argentina, en la mayoría de los casos, lleva a la degradación de la estructura del suelo. Los manejos degradantes provocan descenso de los tenores húmicos y disminuyen el equilibrio entre macro y micropo-

ros llevando a la pulverización de los materiales por desagregación (Pilatti *et al.*, 1988).

La aireación y retención de agua dependen de la estructura del suelo y con ello se regulan los procesos de descomposición de los materiales orgánicos del suelo. Una de las consecuencias de la degradación de la estructura edáfica es la alteración de la distribución del espacio poroso accesible a los microorganismos y a sus predadores (Elliott y Cambardella, 1991; Van Veen y Kuikman, 1990; Hassink *et al.*, 1993). La porosidad regula la dinámica y disponibilidad de agua. En este sentido, resulta de fundamental importancia la distribución y el tamaño de poros capaces de almacenar el agua de las lluvias, transportarla a la zona activa de las raíces y retenerla en forma disponible para los cultivos.

Diferentes autores han propuesto clasificaciones del espacio poroso, definiendo distintos interva-

¹Recepción de originales: 23 de junio de 1995.

²Laboratorio de Humus (LAHBIS), Depto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina.

³Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), Depto. Agronomía (UNS), Bahía Blanca, Argentina.

⁴Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Bahía Blanca, Argentina.

los: Greenland (1977) diferenció entre poros de almacenamiento (0,5-50 μm) y poros de transmisión (50-500 μm). Russell (1978), consideró los poros de 100 a 200 μm óptimos para el crecimiento de las raíces activas y la absorción de nutrientes. Plagial y De Nobili (1993) establecieron que los poros de 50 a 500 μm son los más importantes en la relación suelo-agua-planta. Van Veen y Kuikman (1990) afirmaron que los poros menores de 2 a 3 μm están dentro del espacio poroso no accesible a los microorganismos. Luxmoore *et al.* (1990) indicaron que los poros hidrológicamente activos son aquellos mayores de 100 μm .

Por otro lado, teniendo en cuenta los límites clásicos que definen la disponibilidad de agua para los cultivos (capacidad de campo y punto de marchitez permanente) es posible definir otros límites del diámetro de poros. Estos límites clasifican a los poros en $> 8,81 \mu\text{m}$; $8,81$ a $0,19 \mu\text{m}$; y $< 0,19 \mu\text{m}$ de diámetro; los que estarán más estrechamente relacionados con la capacidad de almacenamiento y la disponibilidad de agua para los cultivos. En base a su distribución sería posible determinar el efecto de distintos sistemas de cultivo sobre las relaciones agua-aire del suelo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes rotaciones de cultivos y labranzas sobre la distribución del espacio poroso y la disponibilidad de agua de un suelo Entic Haplustoll de textura franco arenosa en la región semiárida pampeana de Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Suelo y clima

El trabajo se realizó en un suelo Entic Haplustoll de textura franco gruesa, mixta, térmica. El clima es continental templado influido por condiciones ecológicas del "Tipo Bahía Blanca" (Glave, 1975), con temperatura media anual de $15 \text{ }^\circ\text{C}$. La precipitación media anual es 654 mm (1928-1992), las lluvias se concentran en otoño y primavera, aunque debe destacarse que la precipitación ocurrida durante el año del estudio fue significativamente menor en la primera parte del año (Figura 1).

Sitio experimental

El ensayo se inició en 1975 y está ubicado en la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EEA del INTA) de la localidad de Bordenave ($63^\circ 01' \text{ W}$ y

$37^\circ 52' \text{ S}$). El muestreo del suelo se efectuó cuando todos los tratamientos estaban sembrados con trigo (*Triticum aestivum*, cv. Cochicó INTA) y el cultivo se encontraba en el estado fenológico de elongación, primer nudo visible (Feekes E6) (Large, 1954).

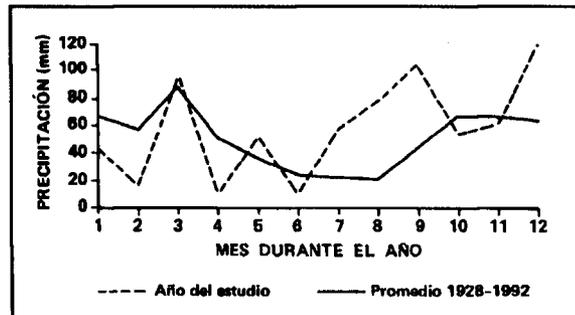


FIGURA 1. Precipitación (mm) medias mensual del período 1928-1992 y durante el año en estudio.

FIGURE 1. Monthly precipitation 1928-1992 period and during the year of study.

Se estudiaron las siguientes secuencias de cultivos:

- TT: agricultura permanente con trigo;
- TP: un año de trigo, un año de pastoreo de los rastrojos, y así sucesivamente;
- TV: dos años de verdeos (pradera suplementaria de invierno) (*Vicia sativa* con triticale), dos años de trigo, y así sucesivamente.

En TP se realizó una labranza convencional (barbecho muy corto, un mes; arado de discos y rastro de discos con sistema de siembra en plano). En TT y TV se utilizó labranza conservacionista (barbecho largo, cinco meses; labores bajo cubierta de rastrojo; herramientas verticales y siembra en surco profundo). La mitad de cada parcela no fertilizada (nf) se utilizó como testigo, mientras que la mitad restante (f), recibió anualmente 64 kg ha^{-1} de N y 37 kg ha^{-1} de P en el momento de la siembra.

En cada tratamiento se cosecharon tres áreas de $0,5 \text{ m}^2$, cuando el cultivo se encontraba en primer nudo visible (E6) y en madurez fisiológica (E11.4), por encima de 1-2 cm del suelo. A partir de este material se determinaron los rendimientos en kg ha^{-1} de fitomasa aérea (FA, base materia seca).

Determinación de propiedades físicas

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 de presión (Klute, 1986) y membrana de presión (Richards, 1947). Cuando se empleó la olla de presión se tomaron tres muestras no disturbadas, en tres bloques por tratamiento y a cuatro profundidades 0-0,07; 0,07-0,14; 0,14-0,40 y 0,40-0,60 m. En cambio, para el uso de la membrana de presión y la determinación de densidad aparente se tomaron muestras disturbadas en los tratamientos, bloques y profundidades mencionadas. Con los datos obtenidos se calculó el porcentaje de poros de los siguientes diámetros: < 0,19 μm (pequeños de agua inútil, inaprovechable por las plantas), 0,19 - 8,81 μm (medios, retención de agua útil, de almacenaje) y > 8,81 μm (muy gruesos y gruesos, de drenaje rápido y lento).

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, como derivación de la ecuación de alza capilar, de la siguiente forma:

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

donde:

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

El diseño estadístico consistió en tres bloques aleatorizados, donde se tomaron tres muestras en cada tratamiento y a cada una de las profundidades estudiadas. Para el análisis estadístico se aplicó el análisis de variancia y la Prueba de Tukey para la comparación de las medias tomadas de a pares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presenta la distribución de poros en cada uno de los tratamientos y profundidades estudiadas. Los poros se agrupan en tres categorías que representan los diferentes estados del agua en el suelo y su disponibilidad para los cultivos.

Poros muy gruesos (> 8,81 μm)

Los poros muy gruesos y gruesos (diámetro mayores de 8,81 μm), son los que permiten la aireación y el movimiento gravitacional del agua proveniente de las precipitaciones. Es posible observar que en las profundidades 0-0,07 y 0,07-0,14 m este espacio poroso es altamente variable (Cuadro 1).

La aplicación de fertilizante produjo un aumento estadísticamente significativo del porcentaje de

CUADRO 1. Distribución del espacio poroso (%) de un Entic Haplustoll bajo diferentes secuencias de cultivo

TABLE 1. Pore space distribution (%) of an Entic Haplustoll under different crops rotations

Profundidad (m)	Tamaño de poros (μm)	TT		TP		TV	
		nf	f	nf	f	nf	f
0,00 - 0,07	< 0,19	12,7 a	12,6 a	13,0 a	10,4 b	11,7 ab	12,5 ab
	0,19 - 8,81	16,9 a	13,2 ab	17,5 a	9,5 b	15,1 a	16,4 a
	> 8,81	17,3 c	21,5 b	20,0 b	32,5 a	22,6 b	16,1 bc
0,07 - 0,14	< 0,19	14,4 a	13,9 a	14,2 a	13,1 a	13,3 a	13,3 a
	0,19 - 8,81	13,3 ab	14,2 ab	14,8 ab	12,0 b	14,3 ab	16,5 a
	> 8,81	16,4 bc	15,9 bc	14,4 c	21,0 a	18,1 ab	14,1 c
0,14 - 0,40	< 0,19	14,8 a	14,5 a	10,8 a	10,4 a	11,9 a	12,0 a
	0,19 - 8,81	14,4 a	14,2 a	13,0 a	12,8 a	14,5 a	14,9 a
	> 8,81	18,9 a	18,7 a	16,1 a	15,8 a	18,9 a	18,9 a
0,40 - 0,60	< 0,19	14,0 a	13,9 a	14,3 a	14,6 a	12,5 a	12,9 a
	0,19 - 8,81	14,8 a	14,6 a	15,0 a	15,1 a	15,0 a	15,8 a
	> 8,81	21,0 a	20,6 a	15,2 a	15,5 a	18,0 a	18,3 a

Para cada profundidad letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,01$), según la Prueba de Tukey.

poros de este tamaño en los 0,07 m superficiales de TP y TT mientras que en que en TV no se observaron diferencias comparados con sus testigos. Probablemente, la mayor acumulación de residuos (Cuadro 2) y el mayor desarrollo radical como consecuencia de la fertilización, fueron las causas de los valores observados. El barbecho corto en TP no habría permitido la descomposición de la mayor fitomasa de residuos resultante de la fertilización en las profundidades 0-0,07 y 0,07-0,14 m. Además, menores precipitaciones que las normales durante el periodo de preparación de la cama de siembra, habrían dificultado la ruptura de agregados de mayor tamaño, incrementando la proporción de poros muy gruesos y gruesos. Por otro lado, si bien la cantidad de residuos en TV fue elevada (Cuadro 2) habrían sufrido una descomposición mayor durante el largo barbecho y como consecuencia de la calidad de los mismos (contenidos de N en paja significativamente mayores a los tratamientos TT y TP, Galantini *et al.*, 1993). Las condiciones para TT serían intermedias, barbecho largo y bajo contenido de N en paja (Galantini *et al.*, 1993). En las profundidades 0,14-0,40 y 0,40-0,60 m no se observaron diferencias significativas.

Poros medios (8,81 a 0,19 μm)

Los poros medios representan aquéllos capaces de retener el agua capilar disponible para el cultivo. En TP f el porcentaje de poros de este tamaño en los 0,14 m superficiales disminuyó como consecuencia del aumento de poros muy gruesos y gruesos (mayor de 8,81 μm) y, por lo tanto, decreció la capacidad efectiva de retención de agua (Cuadro 3). En la profundidad 0-0,07 m, TP f fue estadísticamente menor al resto de los tratamientos (excepto con TT f), mientras que en la profundidad 0,07-0,14 m las diferencias sólo fueron estadísticamente significativas con respecto a TV f. Los poros observados en el resto de los tratamientos, en todas las profundidades estudiadas, oscilaron entre 13 y 17%, no encontrándose diferencias significativas.

Poros finos (< 0,19 μm)

Este grupo de poros representa el espacio poroso que retiene agua no disponible para los cultivos. El porcentaje de poros de esta categoría varió entre 10 y 15%. Al comparar los tratamientos fertilizados con sus testigos sólo se obser-

CUADRO 2. Rendimientos medios de fitomasa aérea (kg ha⁻¹, base materia seca) en el momento de primer nudo visible y madurez fisiológica (cosecha) en cada uno de los tratamientos

TABLE 2. Shoot mass yields (kg ha⁻¹, dry matter base) at stem elongation and maturity time (harvest)

Estado vegetativo	TT		TP		TV	
	nf	f	nf	f	nf	f
Primer nudo (E6)	1.135 c	1.957 ab	1.232 c	1.959 b	1.925 ab	2.442 a
Cosecha (E11.4)						
Grano	2.922 c	3.578 b	2.185 d	3.057 c	4.107 a	4.050 a
Residuos	6.260 cd	7.338 bc	4.990 d	6.285 cd	8.513 ab	8.913 a

Para cada estado vegetativo letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,01$), según la Prueba de Tukey.

CUADRO 3. Capacidad de agua útil (mm) de un Entic Haplustoll bajo diferentes secuencias de cultivo

TABLE 3. Available water capacity of an Entic Haplustoll under different crops rotations

Profundidad (m)	TT		TP		TV	
	nf	f	nf	f	nf	f
0,00 - 0,07	11,8 a	9,2 ab	12,25 a	6,7 b	10,6 a	11,5 a
0,07 - 0,14	9,3 ab	9,9 ab	10,4 ab	8,4 b	10,0 ab	11,5 a
0,14 - 0,40	37,4 a	36,9 a	33,8 a	33,3 a	37,7 a	38,7 a
0,40 - 0,60	29,6 a	29,2 a	30,5 a	30,2 a	30,0 a	31,6 a
Total	88,1	85,2	86,9	78,6	88,3	93,3

Para cada profundidad letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,01$), según la Prueba de Tukey.

varon diferencias significativas en el tratamiento TP en la profundidad 0-0,07 m, posiblemente como consecuencia de las causas anteriormente citadas.

La capacidad de agua útil en todo el perfil del suelo de los tratamientos estudiados, fue similar entre los no fertilizados (Cuadro 3). En cambio, los tratamientos que recibieron fertilizante muestran el siguiente orden: TV > TT > TP; esto se debe a diferencias estadísticas de los valores de las capas superficiales (0-0,07 y 0,07-0,14 m), como consecuencia de la cantidad de residuos presentes (Cuadro 2) y las labranzas realizadas.

En el Cuadro 4 se muestran los valores de densidad aparente en cada una de la profundidades. En TP f se observaron diferencias significativas en los primeros 0,07 m del suelo, coincidiendo con la mayor cantidad de residuos sin des-

componer y de poros muy gruesos y gruesos (> 8,68 μm) observados. En el resto de los tratamientos y profundidades no se encontraron diferencias significativas.

La producción de FA en primer nudo visible (E6) fue estadísticamente mayor en los tratamientos fertilizados, respecto a los no fertilizados, excepto en TV (Cuadro 2). Durante la madurez fisiológica (E11.4, cosecha) se observaron diferencias significativas en la producción de fitomasa aérea (base materia seca) por efecto de los tratamientos y solamente en TP como consecuencia de la fertilización. Las mejores condiciones de fertilidad química de la rotación con verdes (pradera suplementaria de invierno), observada en secuencias de cultivos semejantes (Galantini *et al.*, 1992), y la ausencia poros desfavorables, explicarían la alta producción de FA y la no respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizante.

CUADRO 4. Densidad aparente (kg cm^{-3}) del suelo en cada uno de los tratamientos y en cada profundidad

TABLE 4. Apparent density (kg cm^{-3}) of soil under different treatments and depths

Profundidad (m)	TT		TP		TV	
	nf	f	nf	f	nf	f
0,00 - 0,07	1,19 a	1,18 a	1,17 a	0,96 b	1,11 ab	1,21 a
0,07 - 0,14	1,27 a	1,23 a	1,28 a	1,19 a	1,22 a	1,28 a
0,14 - 0,40	1,26 a	1,30 a	1,21 a	1,19 a	1,25 a	1,30 a
0,40 - 0,60	1,24 a	1,26 a	1,20 a	1,18 a	1,28 a	1,32 a

Para cada profundidad letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,01$), según la Prueba de Tukey.

CONCLUSIONES

Todos los cambios en el espacio poroso ocurren en las profundidades 0-0,07 y 0,07-0,14 m. La mayor cantidad de poros grandes (> 8,81 μm), estaría relacionada con el aporte de residuos (cantidad y calidad) y con la preparación de la cama de siembra (humedad y longitud del barbecho).

Los sistemas fertilizados TT y TV muestran mayor espacio poroso del tamaño 0,19-8,81 μm y mayores niveles de agua útil que TP bajo labranza convencional en todas las profundidades.

RESUMEN

Se estudió el efecto de diferentes rotaciones de cultivos, sistemas de labranzas y aplicación de fertilizante sobre la distribución del espacio poroso de un suelo Entic Haplustoll de textura franco arenosa en la región semiárida pampeana de Argentina.

Se muestrearon las siguientes secuencias de cultivos: TT: trigo continuo; TP: un año trigo y un año pastoreo del campo natural; TV: dos años trigo, dos años verdes (pradera suplementaria de invierno) (*Vicia sativa* con triticale).

TP recibió labranza convencional (barbecho corto, 1 mes; arado de disco y siembra en plano). TT y TV recibieron labranza conservacionista (cinco meses de barbecho, cincel y siembra en surco profundo); la mitad de todas las parcelas fue fertilizada (f) anualmente con 64 kg ha⁻¹ de N y 37 kg ha⁻¹ de P en el momento de la siembra y la otra mitad no fue fertilizada (nf).

Se calculó la densidad aparente, el contenido de agua disponible y la distribución del espacio

poroso (poros pequeños < 0,19 µm, medios 0,19-8,81 µm, y grandes > 8,81 µm). Los resultados mostraron que los cambios en el espacio poroso ocurren en las capas superficiales (0-0,07 y 0,07-0,14 m). Los sistemas fertilizados TT y TV mostraron mayor proporción de poros medios y mayor capacidad de agua útil que el tratamiento TP.

Palabras claves: labranzas, rotación de cultivos, espacio poroso, agua disponible, Argentina.

LITERATURA CITADA

- BLAKE, G.R. and HARTGE, K.H. 1986. Bulk Density. In: Arnold Klute (ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 1.* p.: 363-375.
- ELLIOTT, E.T. and CAMBARDELLA, C.A. 1991. Physical separation of soil organic matter. *Agricultural. Ecosystems Environment* 34: 407-419.
- GALANTINI, J.A., IGLESIAS, J.O., MIGLIERINA, A.M., LANDRISCINI, M.R., y ROSELL, R.A. 1993. 15 años de rotación de cultivos en la región semiarida Argentina. I Productividad del trigo. En: J.A. Gallardo L. (ed.). *En Actas del XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Salamanca, España. Tomo II.* p.: 676-685.
- GALANTINI, J.A., IGLESIAS, J.O., MIGLIERINA, A.M., ROSELL, R.A. y GLAVE, A. 1992. Rotación y fertilización en la región semiárida bonaerense. I Productividad (calidad y rendimiento del trigo). *Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires* 13(1): 67-75.
- GLAVE, A.E. 1975. Caracterización física y económica de la región semiárida bonaerense. Informe 9, Comisión de Investigaciones Científicas (CIC). La Plata, Argentina. p.: 35.
- GREENLAND, D.J. 1977. Soil damage by intensive arable cultivation: temporary or permanent? *Philosophy Transaction. Royal Society London* 281: 193-208.
- HASSINK, J., BOUWMAN, L.A., ZWART, K.B., BLOEM, J. and BRUSSARD, L. 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. In: Arnold Klute (ed.). *Methods of soil analysis. Part 1.* p.: 635-661.
- LARGE, E.C. 1954. Growth stages in cereals. *Plant Pathology* 3: 128-129.
- LUXMOORE, R.J., JARDINE, P.M., WILSON, G.V., JONES, J.R. and ZELAZNY, L.W. 1990. Physical and chemical controls of preferred path flow through a forested hillslope. *Geoderma* 46 (1-3): 139-154.
- PILATTI, M.A., DE ORELLANA, J.A., PRIANO, L.J., FELLI, O.M. y GRENON, D.A. 1988. Incidencia de manejos tradicionales y conservacionistas sobre propiedades físicas, químicas y biológicas de un Argiudol en el sur de Santa Fe. *Ciencia Suelo* 6 (1): 19-29.
- PLAGIAl, M. and De NOBILI, M. 1993. Relationships between soil porosity, root development and soil enzyme activity in cultivated soils. *Geoderma* 56: 243-256.
- RICHARDS, L.A. 1947. Pressure-membrane apparatus-construction and use. *Agricultural Engineering* 28:451-454.
- RUSSELL, E.W. 1978. Arable agriculture and soil deterioration. In: Canadian Society Soil Science. *Transaction 11th International Congress of Soil Science, 19-27 June 1978, University of Alberta, Edmonton, Alberta. Vol. 3.* p.: 216-227.
- VAN VEEN, J.A. and KUIKMAN, P.J. 1990. Soil structural aspects of decomposition of organic matter by microorganisms. *Biogeochemistry* 11: 213-233.