



EFFECTO DEL TRÁNSITO SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS EDÁFICAS EN DOS SISTEMAS DE LABRANZA

Iglesias, J.^{1*}; Vallejos, A.¹; Galantini, J.² Bondia, P.¹, Kleine C.³

¹Depto. Agronomía (UNS); ²CIC; ³Ea. Cerro Naposta, Torquinst (BA).

* ijglesias@criba.uns.edu.ar; San Andrés 800 (8000) Bahía Blanca (BA); 0291-4595102

INTRODUCCIÓN

La compactación del suelo es uno de los principales problemas que enfrenta la agricultura sustentable. El uso excesivo de los equipos, la agricultura intensiva y las rotaciones cortas inducen a la compactación. Estudios precedentes han demostrado que la compactación afecta a propiedades físicas como estructura, porosidad, velocidad de infiltración, capacidad de retención de agua, densidad aparente y resistencia mecánica a la penetración (Lampurlanés & Cantero-Martínez, 2003), restringiendo el crecimiento de los cultivos, ofreciendo menos materia orgánica fresca al suelo, ocasionando una reducción de las actividades de los microorganismos (Hamza & Anderson, 2005). Prácticas de manejo conservacionista son necesarias para garantizar las condiciones físicas del suelo y aumentar el contenido de materia orgánica (Mitchell and Berry, 2001). Las labranzas inadecuadas y el excesivo tránsito favorecen la degradación de la estructura del suelo, modificando el equilibrio entre diferentes tamaños de poros y su continuidad (Iglesias *et al.*, 1996). Mediciones de espacio poroso se utilizan para cuantificar los efectos de la compactación en la estructura del suelo (Douglas & Koppi, 1997; Pagliai *et al.*, 2000). La deformación del suelo se incrementa con el número de pasadas del equipo (Bakker & Davis, 1995). Al momento de la labranza influye la textura del suelo además del contenido de humedad (Hakansson & Lipiec, 2000). El análisis morfológico de un suelo arcilloso reveló que la compactación por paso del tractor reduce los poros más grandes (Pagliai *et al.*, 2000). En suelos arenosos, la reducción de la infiltración debido a la compactación se atribuyó al empaquetamiento de los poros por las partículas elementales (Coulon & Bruand, 1989). Se debe tener en cuenta la disminución de la macroporosidad, la inestabilidad de los poros y su discontinuidad dado que las mismas afectan la infiltración, la capacidad de almacenamiento de agua, el movimiento y distribución de gases y el desarrollo de las raíces (Kay *et al.*, 2002, Eynard *et al.*, 2002).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes intensidades tránsito sobre algunas propiedades físicas edáficas en dos sistemas de labranza a largo plazo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo durante el año 2011. El suelo utilizado fue un Argiudol típico, profundo de textura franca a franco limoso. En el año 1986 una parcela separada por curva de nivel se destinó a dos sistemas de labranza: Siembra directa (SD) y labranza convencional (LC). El ensayo se diseñó a ambos lados de la curva de nivel y se ubicaron los tratamientos testigo (0P); una rodada de tractor (1P) y cinco rodadas de tractor (5P). El equipo utilizado fue un tractor convencional de 9540 kg siendo el neumático trasero 24.5 – 32 (presión de inflado 124 kPa), y el delantero 1100 – 16 (presión de inflado 220 kPa).

El diseño utilizado fue de parcelas divididas con tres bloques, siendo el factor principal sistema de labranza y el segundo factor, tratamiento. Se tomaron seis muestras sin disturbar por tratamiento,

por bloque y por profundidad 0-5; 5-10; 10-15; 15-20 cm con cilindros de acero de volumen conocido. A partir de los cilindros recolectados a campo se determinó la curva de retención de humedad a 4, 10, y 33, kPa mediante olla de presión; a 1500 kPa con membrana de presión (Klute 1986) y por el método del cilindro la densidad aparente (DA). Se realizaron las curvas de retención hídrica, y la distribución de diferentes tamaños de poros, en los tratamientos y profundidades.

Existe un gran número de clasificaciones de tamaño de poros. En el presente trabajo se aplicó un sistema utilizado por Iglesias *et al.* (1998), Kay & VandenBygaart (2002) y Galantini *et al.* (2006), quienes diferencian los distintos tamaños de poros con los diferentes flujos de agua.

El diámetro efectivo de poros (μm) a cada presión se calculó a partir de la curva de retención de agua mediante la derivación de ascenso capilar de la siguiente forma (Hassink *et al.*; 1993)

$$D=2r= 30.0 * 10^{-6} h^{-1} (\text{m})^{-1}$$

donde, h= altura de presión, m= metros y r= radio

Se estudiaron los siguientes tamaños de poros: macroporos muy grandes (MPGG), $>75 \mu\text{m}$; macroporos grandes (MPG) $75\text{-}30 \mu\text{m}$; y macroporos pequeños (MPp), $30\text{-}9 \mu\text{m}$ con diferente velocidad de drenaje; mesoporos grandes (mPg), $9\text{-}1 \mu\text{m}$ y mesoporos pequeños (mPp), $1\text{-}0,2 \mu\text{m}$; responsables de la capacidad de almacenaje de agua edáfica y la actividad de las bacterias (Hamblin 1985), microporos (μP) $< 0,2 \mu\text{m}$ que retienen el agua no disponible para las plantas.

Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente a través del ANOVA y las comparaciones de a pares mediante el test de diferencias mínimas significativas (DMS) utilizando el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad aparente

El patrón de compactación fue diferente en ambos sistemas de labranza (Fig.1a). En SD con 1P las diferencias solo se observaron en la profundidad 15-20 cm. En cambio con 5P la densidad aparente fue mayor en los 5 cm superficiales y en 15-20 cm.

En LC (Fig. 1b) con 1P se compactó solo hasta los 10 cm superficiales. Con 5P se compactó toda la superficie estudiada. En superficie alcanzó la misma densidad aparente que con 5P siendo diferentes estadísticamente del testigo. Esto estaría indicando que la porosidad en LC es mayor pero es menos estable, como también fue visto en otros trabajos.

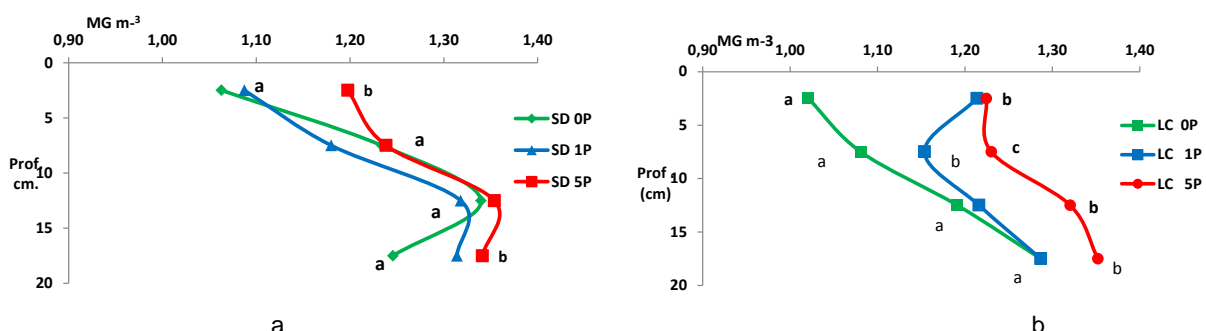


Figura 1. Densidad aparente a diferentes profundidades luego de 0 (0P), 1 (1P) y 5 (5P) pasadas de maquinaria en un suelo en SD (a) y en LC (b)

Distribución del tamaño de poros

Macroporos muy grandes (MPGG) y Macroporos grandes (MPG).

En SD, en superficie los poros $> 30 \mu\text{m}$ disminuyeron a medida que aumentó el tránsito (Fig 2a). Coincidiendo con Pagliai *et al.* (2000) quien reportó que la compactación por el paso tractor redujo los poros grandes, principalmente de transmisión. Con 1P no fueron afectados los poros mayores de $75 \mu\text{m}$. y fueron necesarios 5P para detectar disminución en esta categoría de poros Según Gysi *et al* 1999 los poros mayores $75 \mu\text{m}$ incluye los poros producidos por las lombrices que serían más estables al tránsito. En el tamaño de poros de $75\text{-}30 \mu\text{m}$ solo 1P causaría el mismo efecto que 5P difiriendo significativamente del testigo (Fig 2b). Este efecto se debería a que el cultivo al momento de muestreo se encontraba en estadio de macollaje, donde las raíces vivas formarían bioporos estables y el efecto destructor de poros por el tránsito sería menor coincidiendo con lo reportado por Ess *et al.* (1998).

En los 5-10 cm el paso del equipo no afectó la distribución del tamaño de los MPGG y los MPG. Al momento del muestreo se observó una zona densificada en esta profundidad, la estabilidad de esta capa se debería a que ya fue compactada y los poros formados en estas zonas son verticales, de mayor resistencia y estabilidad (Schäfer-Landefeld *et al.*, 2004).

En 10-15 cm con 1P no se encontró efecto sobre los poros $> 75 \mu\text{m}$. Con 5P (Fig 2a) se destruirían poros de esta categoría que pasarían a componer las categorías menores. En esta profundidad no se encontraron diferencias significativas en los MPG. Si el suelo está húmedo los poros pueden deformarse y disminuir su diámetro, bajo condiciones de menor humedad se fracturan los agregados generando partículas que llenan los espacios generando poros de menor diámetro (Startsev & Mcnabb, 2001). Así se genera un proceso dinámico donde la destrucción de poros de mayor diámetro crean poros menores, parte de los poros mayores de $75 \mu\text{m}$ forman poros de $75\text{-}30 \mu\text{m}$ y estos los de menor diámetro, el hecho de que no varíe la cantidad de MPG, no explicaría que el tránsito no los afecte. Los MPGG y los MPG en 15-20 cm para 1P y 5P fueron menores y significativamente distintos al testigo. En esta profundidad esta caída en la cantidad de poros sería producida por la concentración de cargas que con 1P destruirían los poros de estos tamaños (Raper, 2005).

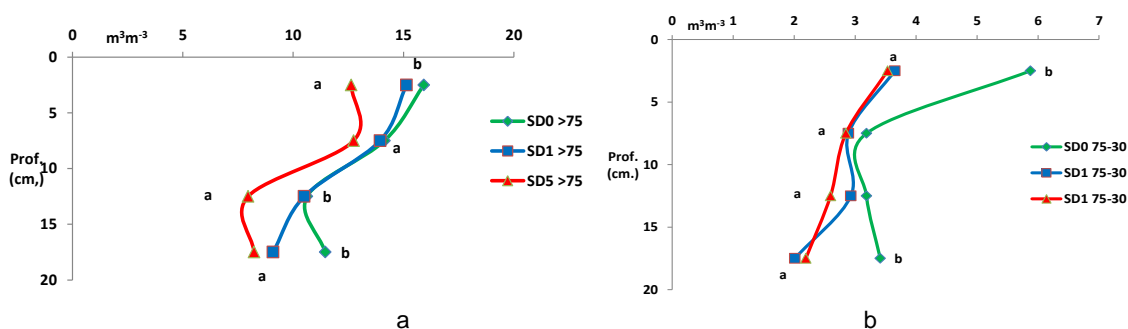


Figura 2. MPGG (a) y MPG (b) a diferentes profundidades luego de 0 (0P), 1 (1P) y 5 (5P) pasadas de maquinaria en un suelo en SD)

En LC los poros mayores de $30 \mu\text{m}$ disminuyeron con la intensidad del tránsito. Para 0-5- cm (Fig 3a) con 1P y 5P los MPGG fueron menores estadísticamente al testigo. Los MPG (Fig 3b) son más estables ya que serían necesarias 5P para reducir esta cantidad de poros. Según Horn *et al.*, (1995) en suelos labrados, cuando se aplica una carga por tránsito los macroporos formados por la labranza (espacios entre agregados) son los primeros a ser destruidos, mientras los poros intra agregados permanecen inalterados.

En 5-10 cm los poros MPGG disminuyeron significativamente con la intensidad del tránsito, en cambio a medida que disminuyó el diámetro de los poros ($75\text{-}30 \mu\text{m}$) siguen el patrón que tenían

en superficie hasta la profundidad de 10-15 cm, es decir resultaron más resistentes. A partir de esta profundidad los poros $> 75 \mu\text{m}$ no sufrieron efecto del tránsito debido a la mayor estabilidad ya que los mismos son bioporos generados por las raíces laterales de los cereales (Hamblin, 1985).y las lombrices Gysi *et al.* (1999).

En 15-20 cm los MPG (Fig 3b) con 1P mostró diferencias significativas con el testigo siendo igual al 5P. Este efecto sería semejante a lo que ocurrió en SD debido a la concentración de cargas que destruirían los poros de estos tamaños con una pasada (Raper, 2005).

El comportamiento de los macroporos frente al tráfico pone en evidencia diferencias importantes en SD y LC en cuanto a su efecto sobre la dinámica del agua. En el primer caso la disminución no alcanza una magnitud tan importante en las profundidades estudiadas, lo que permite que el flujo de agua sea menor pero igualmente importante. Por otro lado en LC, la pérdida de macroporosidad es muy importante en superficie, cosa que ya limita la entrada de las lluvias al suelo. Además, LC demostró ser más susceptible a la compactación con menor tráfico.

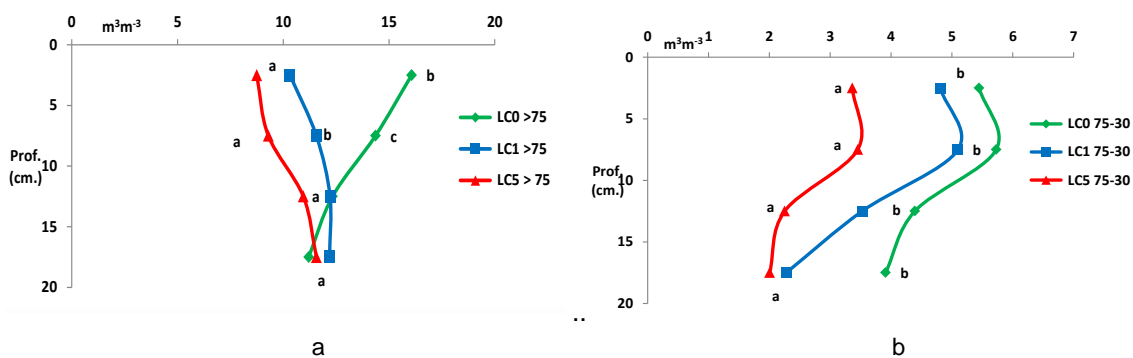


Figura 3. MPGG (a) y MPG (b) a diferentes profundidades luego de 0 (0P), 1 (1P) y 5 (5P) pasadas de maquinaria en un suelo en LC

Macroporos pequeños (MPp)

En LC y SD en superficie se observó las mismas diferencias significativas entre el testigo y los distintos niveles de tránsito Fig 4 a y b. En 0-5 cm en los MPp solo hay diferencias significativas cuando se realizó 1P coincidiendo con Schäfer-Landefeld *et al.* (2004), quien reportó que los macroporos disminuían y se incrementaba la categoría de poros de 30-10 μm. Cuando analizamos 5P no hay diferencias significativas con el testigo debido a que los MPg destruidos con el tránsito se transformaron en poros de categorías más pequeñas. ($< 0,2 \mu\text{m}$) y no en MPp. En 5-10 1P y 5P difiere significativamente con 0P. En 10-15 cm 1P difiere de 0P y 5P pero no entre estos últimos, demostrando la sensibilidad de este tamaño de poros al efecto del tránsito.

En 15-20 cm solo se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el caso de LC. El tratamiento 1P difirió de 0P y 5P, por las mismas consideraciones que se efectuaron en 0-5 cm.

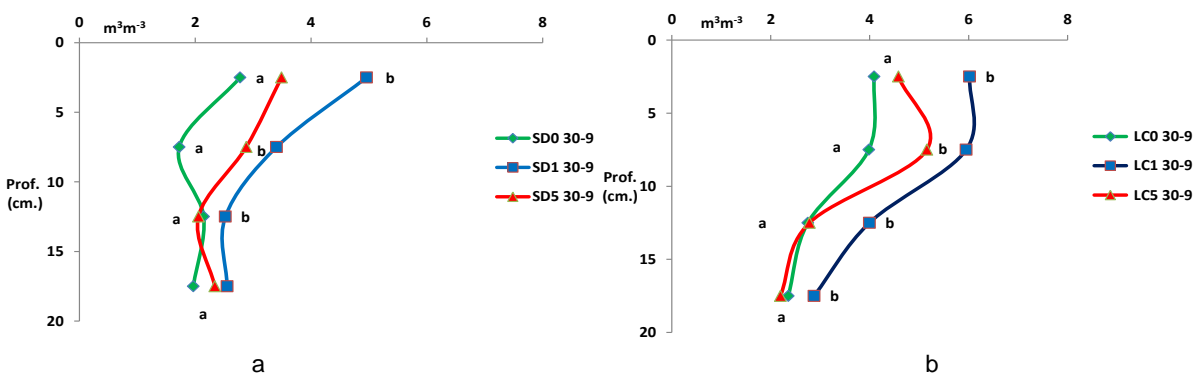


Figura 4. MPp a diferentes profundidades luego de 0 (0P), 1 (1P) y 5 (5P) pasadas de maquinaria en un suelo en SD (a) y LC (b)

Mesoporos grandes

En SD (Fig 5a) solo se encontraron diferencias significativas con 5P en superficie. En LC (Fig 5b) no se observó diferencias en todas las profundidades estudiadas. Poniéndose en evidencia que la cantidad mPg en ambos sistemas serían poco afectados por el tránsito dado que parte de los mismos se generarían por la destrucción de las categorías de poros mayores.

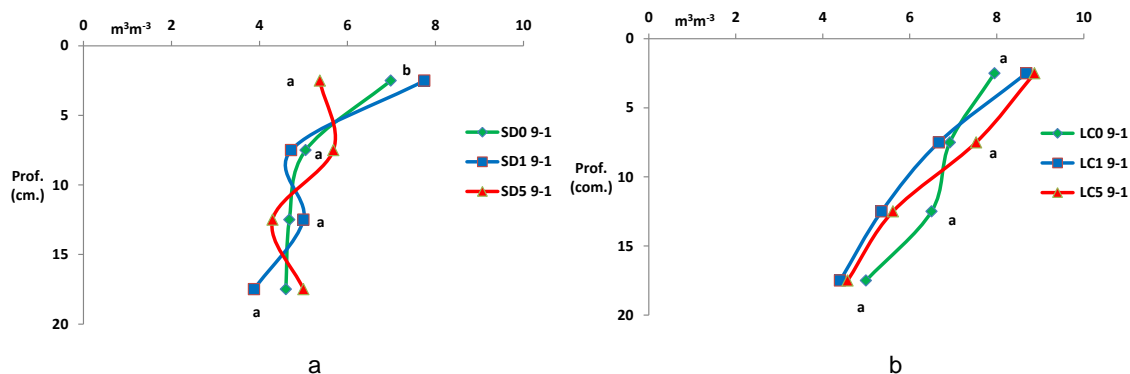


Figura 5. mPg a diferentes profundidades luego de 0 (0P), 1 (1P) y 5 (5P) pasadas de maquinaria en un suelo en SD (a) y LC (b)

Mesoporos pequeños

En 0- 5 cm en LC y SD se observaron tendencias semejantes, con 1P se destruyen más poros que con 5P. Mostrando que sería suficiente 1P para afectar los mPp (Fig 6a y 6b). En 5-10 cm. LC disminuye significativamente el contenido de mPp con el testigo debido al refinamiento del suelo producido por las labores. En 10-15 cm en SD se encontró una cantidad significativa mayor de poros en el tratamiento 5P provenientes de la destrucción de MPGG y MPp. En 15-20 cm en LC el tránsito tiene efecto significativo en este tamaño de poros debido a la destrucción de MPG.

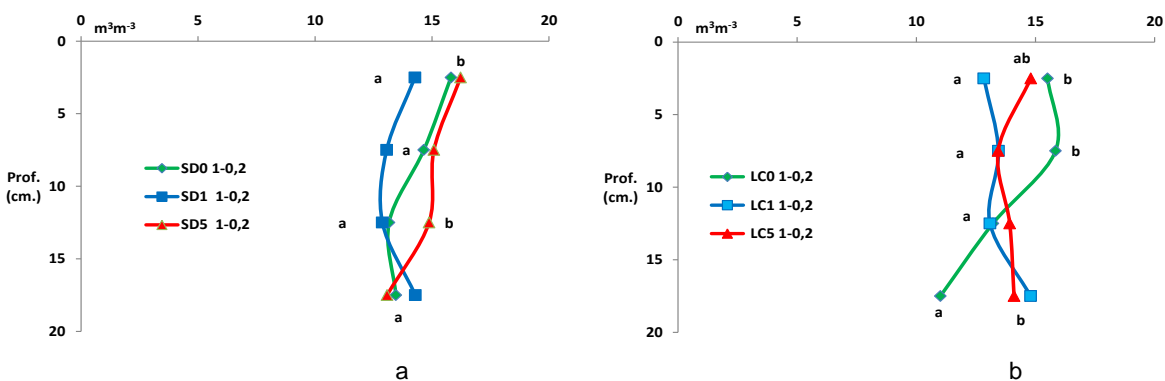


Figura 6. mPp a diferentes profundidades luego de 0 (0P), 1 (1P) y 5 (5P) pasadas de maquinaria en un suelo en SD (a) y LC (b).

Microporos

En 0-5 cm los μP aumentaron significativamente en el tratamiento 5P en SD (Fig 7a). En LC (Fig. 7b) debido al sistema de laboreo se pulveriza el suelo, por tal motivo los microporos aumentaron en forma significativa en ambos tratamientos. Coincidiendo con Coulon & Bruand, 1989, quien trabajo en suelos arenosos, y observó que la reducción de la infiltración debido a la compactación se atribuyó a los poros de embalaje correspondiente a la estructura de las partículas elementales. En 5-10 cm en LC los microporos aumentaron significativamente a medida que aumentó el tránsito. En 10-15 cm solo 5P difiere de 0P y 1P. En 15 -20cm no se observaron cambios debido al tránsito en los microporos en ambos sistemas.

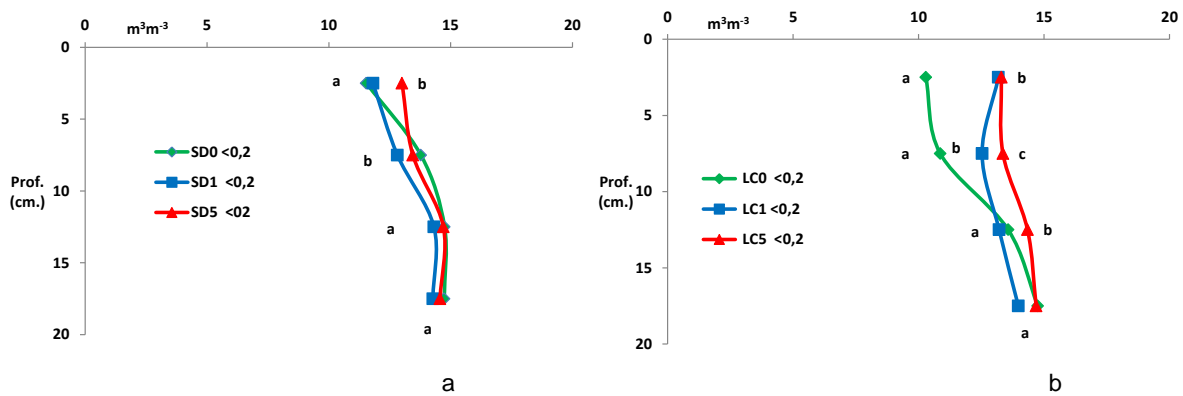


Figura 7. μP a diferentes profundidades luego de 0 (0P), 1 (1P) y 5 (5P) pasadas de maquinaria en un suelo en SD (a) y LC (b).

CONCLUSIONES

El patrón de compactación fue diferente para ambos sistemas. Una pasada de maquinaria en SD aumenta la DA por debajo de los 15 cm, mientras que el tránsito repetido también afecta a la profundidad 0-5 cm. En LC 1P incrementa hasta los 10 cm debido a la remoción del suelo, con 5P se compacta desde la superficie.

De acuerdo al sistema de labranza la distribución de los macroporos grandes se comporta diferente frente al tránsito debido al origen de los poros. En SD con 5 P disminuyen en cambio en LC solo se necesita 1P.

El tránsito afecta los poros de drenaje pero no afecta la cantidad de los poros de retención esta se mantiene constante. Porque se van destruyendo los poros más grandes y se transforman en poros más chicos.

El aumento de los microporos con una sola pasada pone en evidencia la inestabilidad del sistema poroso en LC.

BIBLIOGRAFIA

- Bakker, DM; & RJ Davis. 1995. Soil deformation observations in a Vertisol under field traffic. *Soil Research*, 33(5), 817-832.
- Coulon, E & A Bruand. 1989. Effects of compaction on the pore space geometry in sandy soils. *Soil Till. Res.* 15 (1 – 2), 137 – 152.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2009. InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Douglas, JT & AJ Koppi. 1997. Soil structural quality: a case study of soil macropore attributes after seedbed preparation with different wheel traffic systems. *Soil Tillage Res.* 42 (3– 4), 249– 259.
- Ess, DR; DH Vaughan & JVPerumpral. 1998. Crop residue and root effects on soil compaction. *Transactions of the ASAE vol 41(5):* 1271-1275.
- Eynard, A; TE Schumacher; MJ Lindstrom; DD Malo & RA Kohl. 2004. Wettability of soil aggregates from cultivated and uncultivated Ustolls and Usterts. *Soil Research*, 42(2), 163-170.
- Galantini ,JA; JO Iglesias; C Maneiro; L Santiago & C Kleine. 2006. Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense. Efectos de largo plazo sobre las fes orgánicas y el espacio poroso del suelo. *RIA INTA 35(1):* 15-30.
- Gysi, M A Otta & H Flüherb. 1999. Influence of single passes with high wheel load on a structured, unploughed sandy loam soil. *Soil and Tillage Research.* 25;3-4;141-151 pp
- Håkansson, I; & J Lipiec. 2000. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil and Tillage Research*, 53(2), 71-85.
- Hamblin, AP. 1985. The influence of soil structure on water movement, crop root growth and water uptake. *Adv. Agron*, 38, 95-158.
- Hamza, MA & WK Anderson. 2005. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and tillage research*, 82(2). 121-145.
- Hassink, J., Bouwman, L. A., Zwart, K. B., Bloem, J., & Brussaard, L. (1993). Relationships between soil texture, physical protection of organic matter, soil biota, and C and N mineralization in grassland soils. *Geoderma*, 57(1), 105-128.
- Horn, R; H Domžzał; A Słowińska-Jurkiewicz & C Van Ouwerkerk. 1995. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. *Soil and Tillage Research*, 35(1), 23-36.
- Iglesias, J O; J Galantini; A Miglierina; M Landriscini & R Rosell. 1998. Cambios en la distribución del espacio poroso debidos al sistema de labranza y al tránsito en un Hapludol típico de la Región Subhúmeda Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*.

- Iglesias, J; J Galantini; R Rosell; A Miglierina & M Landriscini. 1996. Cambios en la distribución del espacio poroso de un suelo Entic haplustoll con diferentes secuencias de cultivos de la región seniarida de Argentina. *Agricultura Técnica*. Vol 56: 43-48
- Kay, BD & AJ VandenBygaart. 2002. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organica matter. *Soil & Tillage Research* 66: 107-118.
- Klute, A. (Ed.). 1986. *Methods Of Soil Analysis. Part 1, Physical And Mineralogical Methods*, 2nd Ed., Agronomy vol. 9. SSSA, Madison, Wi.
- Lampurlanés, J & C Cantero-Martínez. 2003. Soil bulk density and penetration resistance under different tillage and crop managements systems and their relationship with barley root growth. *Agron. J.* 95: 526-536.
- Mitchell, F; & W Berry. 2001. The effects and management of compaction in agricultural soils. In *Proc S Afr Sugarcane Technol Assoc* (Vol. 75, pp. 118-124).
- Pagliai, M; S Pellegrini; N Vignozzi; S. Rousseva & O. Grasselli. 2000. The quantification of the effect of subsoil compaction on soil porosity and related physical properties under conventional to reduced management practices. In: Horn, R., van den Akker, J.J.H., Arvidsson, J. (Eds.), *Subsoil Compaction— Distribution, Processes and Consequences*. *Adv. Geoecol.*, vol. 32. Catena, Reiskirchen, Germany, pp. 305–313.
- Raper, R L. 2005. Agricultural traffic impacts on soil. *Journal of Terramechanics*.. 42: 259-280.
- Schäfer-Landefeld, L; R Brandhuber; S Fenner; HJ Kochd & N Stockfischd. 2004. Effects of agricultural machinery with high axle load on soil properties of normally managed fields. *Soil & Tillage Research* 75 (2004) 75–86.
- Startsev, AD; & DH McNabb. 2001. Skidder traffic effects on water retention, pore-size distribution, and van Genuchten parameters of boreal forest soils. *Soil Science Society of America Journal* 65. 1: 224-231.