



SISTEMAS DE LABRANZA: EFECTO DEL PASTOREO ANIMAL SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE POROS

Arranz C., Galantini J., Iglesias J., Kruger H., Venanzi S.

CIC (Pcia. Bs.As.), Dpto. Agronomía - U.N.S. 8000 Bahía Blanca, EEA Bordenave del INTA

INTRODUCCIÓN

La expansión acelerada de los sistemas conservacionistas hace que no se conozcan detalladamente los efectos de las diferentes labranzas sobre las propiedades químicas y físicas del suelo, ni su evolución en el tiempo. Esta deficiencia es más notoria en planteos agrícola – ganaderos mixtos de la región semiárida Pampeana, donde las dudas del efecto del pastoreo directo de los vacunos sobre las propiedades físicas del suelo limitan las alternativas dentro de la rotación de cultivos. En esta región, la influencia sobre las propiedades físicas ligadas a la dinámica del agua resulta de vital importancia para el uso eficiente de las escasas y variables precipitaciones. Que la lluvia penetre o escurra, sea retenida o percole, quede disponible o no, definirá el desarrollo del cultivo, la respuesta a la fertilización, el aporte de residuos y nutrientes, en suma, la productividad y sustentabilidad del sistema. En este sentido, la sustentabilidad de los sistemas pastoriles puros depende del mantenimiento de la productividad de las pasturas. Los principales factores que las deterioran son la disminución de la fertilidad química y el efecto adverso del pisoteo animal sobre las propiedades físicas del suelo (Holt et al., 1996; da Silva et al., 2003).

La compactación corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido al efecto repetitivo y acumulativo producido de fuerzas externas que actúan sobre él. En la actividad agropecuaria, estas fuerzas externas tienen su origen en: implementos de labranza del suelo, cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre y pisoteo de animales.

En condiciones naturales se pueden encontrar en el suelo, horizontes con diferentes grados de compactación, lo que se explica por las condiciones que dominaron durante la formación y la evolución del suelo. Sin embargo, bajo uso agrícola intensivo este fenómeno se acelera y llega a producir serios problemas en el desarrollo de las plantas cultivadas.

El pisoteo animal es la presión mecánica que ejerce el ganado sobre el suelo, el pasto y la cobertura vegetal. Este efecto es más severo en aquellos lugares donde el pisoteo se realiza con mayor repetición, por ejemplo en caminos y sitios de descanso, y en suelos húmedos, donde el agua actúa como lubricante favoreciendo el empaquetado íntimo entre las partículas minerales del suelo. La cobertura superficial y el tramado de raíces producen un efecto amortiguador de esta compactación (**citas**)

La compactación del suelo produce un aumento en su densidad (densidad aparente), aumenta su resistencia mecánica, destruye y debilita su estructuración, reduciendo la porosidad total. Esta reducción es el mayor efecto físico que se produce, lo que implica una menor disponibilidad tanto de aire como de agua para las raíces de las plantas. Esto modifica la actividad bioquímica y microbiológica del suelo, la que de esta forma queda sustancialmente disminuida. Al mismo tiempo, produce una mala implantación del cultivo, las raíces tienen más dificultad en penetrar en el suelo y un acceso reducido a los nutrientes. Todo esto se traduce en un menor desarrollo del sistema radical de las plantas y, por lo tanto, un menor desarrollo de la planta en su conjunto, lo que redundará en una menor producción

Los poros son de diferente tamaño, forma y continuidad. Estas características influyen sobre la infiltración, almacenamiento y drenaje del agua, el movimiento y distribución de gases, y la facilidad con la cual las raíces pueden explorar el suelo.

Los macroporos son los más afectados por la compactación, originando un aumento de la escorrentía, ya que disminuye la capacidad de filtración del agua de lluvia. Esto implica menor

cantidad de agua almacenada a la vez que incrementa el riesgo de erosión producida por el agua y la pérdida de las capas superficiales de suelo y la consiguiente pérdida de nutrientes.

Existen cálculos estimativos sobre la pérdida de productividad de las cosechas debido a este fenómeno que en el caso de la compactación de la superficie de suelo alcanza valores de hasta el 13% mientras que la compactación del subsuelo puede ocasionar pérdidas de entre un 5-35%.

Suelos manejados con labranza convencional (LC) o en siembra directa (SD) difieren en el contenido y la distribución de las fracciones orgánicas (Galantini et al., 1996), por lo tanto la dinámica del espacio poroso será distinta. El objetivo del presente trabajo fue monitorear los cambios en las distribución del espacio poroso por efecto del pastoreo animal directo en un suelo bajo dos sistemas de labranza, para determinar el impacto sobre los diferentes tamaños de poros y la capacidad de recuperación en cada uno de ellos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un ensayo de sistemas de labranzas que se lleva a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria de Bordenave del INTA (63° 01' 20" O y 37° 51' 55" S, a 204 m snm). Sobre estas parcelas iniciadas en 1998 donde se realiza una rotación trigo (*Triticum aestivum*) – avena (*Avena sativa*), otros grupos de trabajo llevan a cabo una serie de estudios complementarios tendientes a evaluar los efectos del sistema de labranza sobre la nutrición y productividad del cultivo, su sanidad, presencia de malezas, entre otros. El suelo es Haplustol, representativo y de mayor difusión al sur del sistema Serrano de Ventana, en la región semiárida Pampeana.

El diseño experimental consistió en 4 bloques completos aleatorizados con dos factores: sistema de labranza con tres niveles (SD, LC y LV), dosis de fertilización nitrogenada con tres niveles (0, 30 y 60 kg de N ha⁻¹) como parcelas principales, y un tercer factor: manejo ganadero con dos niveles (pastoreo directo y no pastoreo) como subparcela en franjas. Para el presente estudio se analizaron: SD y LC, fertilizadas con 30 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ con pastoreo directo.

Características del pastoreo

El muestreo de suelos se realizó a los 4 años de iniciada la experiencia durante el ciclo del cultivo de avena y en dos momentos: al inicio y final del pastoreo.

En cada una de las fechas se tomaron muestras no disturbadas a 0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 cm de profundidad (4 bloques, 2 tratamientos, 8 muestras). Se determinó la retención de humedad a diferentes tensiones (0, 6, 10, 33, 300, 1500 kPa,) Richards, 1947, Klute, 1986; la densidad aparente (Blake y Hartge, 1986); se realizaron las curvas de retención hídrica y calcularon el contenido de agua a capacidad de campo, a punto de marchitez permanente y la capacidad de agua útil, la porosidad total y distribución de diferentes tamaños de poros en las diferentes profundidades y tratamientos.

Clasificación de poros

Numerosos criterios han sido aplicados para definir clases de tamaño de poros, frecuentemente aplicando límites arbitrarios. Iglesias et al. (1996) y Kay y Vanden Bygaart (2002) utilizaron un sistema relativamente simple, dividiendo en tres clases en base a sus diferencias funcionales (macro, meso y micro poros), relacionados con el flujo de agua, con su almacenamiento y con el agua no disponible, respectivamente.

Los macroporos (MP), mayores de 9 µm, son los que permiten el flujo primario de agua durante la infiltración y el drenaje, por lo tanto con mayor control sobre la aireación del suelo. Se pueden dividir en MP grandes (mayores de 30 µm) y pequeños (30-9 µm).

Los mesoporos (mP) poseen un diámetro equivalente entre 9 y 0.2 µm correspondiendo a los límites de Capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). Ellos son particularmente importantes para el almacenamiento de agua y es posible dividirlos en mP

grandes (9-3 μm) y pequeños (3-0.2 μm) teniendo en cuenta la inaccesibilidad para los microorganismos. Aquellos poros con diámetro equivalente menor a 0.2 μm son los microporos (μP) y se caracterizan por retener el agua en forma no disponible para las plantas.

Análisis de la información

Se utilizó el software BMDP para todo el análisis estadístico (ANOVA, regresiones, Tukey, etc.) así como programas y/o macros elaboradas por el Dpto. de Estadística (UNS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad aparente(da)

Previo al pastoreo se observaron diferencias significativas en la DA del suelo entre labranzas en los 10 cm superficiales (fig). En LC la DA en las a profundidades 0-5 cm y 5-10 cm fueron significativamente menores que en SD, posiblemente como consecuencia del efecto acumulado desde 1999 y de las labores previas a la siembra.

El pastoreo produjo un efecto sobre la DA del suelo diferente en ambos sistemas de labranza. En LC los valores se elevaron significativamente ($P \leq 0,001$) en los primeros 15 cm, con aumentos del 19, 8,5 y 4 % para las profundidades 0-5, 5-10 y 10-15 cm respectivamente. En cambio, en SD el aumento de la DA fue menor y se limitó a los primeros 5 cm. Resultados concordantes han sido obtenidos previamente, donde las variaciones de DA se limitaron a los 10 cm superficiales (Venanzi et al., 2002). Es decir, que el efecto del pastoreo en LC llega hasta los 15 cm aunque con distinta intensidad, mientras que las labranzas regeneran los poros hasta los 10 cm, como se observó antes del pastoreo. De esta forma, se generaría una capa limitante al desarrollo radical y flujo de fluidos (aire y agua) de origen mixto (labranza y pastoreo).

Luego del pastoreo, las diferencias se concentraron en la profundidad 0-5 cm donde SD presentó mayor DA y en 10-15 cm, donde el valor mayor correspondió a LC.

En estas condiciones y en ambientes semiáridos la SD podría tener mayores dificultades para la implantación de cultivos estivales, donde la menor humedad aumentaría la resistencia a la penetración superficial. Esta situación ocurrió con el cultivo de soja sembrado con posterioridad al ultimo muestreo de suelos realizado (datos no presentados).

Porosidad total

La cantidad de poros totales en LC antes del pastoreo fue significativamente mayor en la mayoría de las profundidades que en SD, como resultado de las labranzas previas a la siembra (Fig).

El pastoreo produjo una disminución significativa de la porosidad total (PT) en todas las profundidades, pero con diferente intensidad según el sistema de labraza. En SD se observó una reducción significativa solamente en los 0-5 cm del suelo. Es decir, después del pastoreo las diferencias entre labranzas se observaron en la profundidad 0-5 cm y desaparecieron en el resto de las profundidades estudiadas.

La PT se encuentra distribuida entre clases de tamaños de poros, los cuales tienen roles diferentes en la resistencia mecánica para el crecimiento de las raíces, la aireación, la infiltración y el almacenamiento de agua. Por este motivo es necesario el análisis de los diferentes tamaños de poros para conocer el efecto final sobre el crecimiento del cultivo.

Los macroporos

La cantidad de MP grandes ($>30 \mu\text{m}$) antes del pastoreo disminuyó desde la superficie (0-5 cm) en donde LC presentó una cantidad significativamente mayor, hasta la profundidad (15-20 cm) donde no se encontraron diferencias entre labranzas.

El pastoreo produjo una reducción significativa ($P=0.001$) en la profundidad 0-5 cm de los MP grandes en ambos sistemas de labranza. En el resto de las profundidades analizadas las diferencias fueron menores en LC y no se observaron en SD.

La reducción del volumen de esta clase de poros fue significativa ($P=0.05$) en los 5-10 y 10-15 cm, mientras que no significativa en los 15-20 cm.

Si bien esta última profundidad no fue significativamente afectada por el pastoreo, las diferencias entre antes y después del tratamiento con animales indicarían la necesidad de monitorear los cambios con la acumulación de los ciclos pastoriles.

Luego del pastoreo, las diferencias en el contenido de MP grandes en 0-5 cm a favor de LC desaparecieron y en la profundidad 10-15 cm SD presentó un contenido significativamente mayor.

La mayor cantidad de MP pequeños ($30-9 \mu\text{m}$) se encontró en la profundidad 5-10 cm y antes del pastoreo no se observaron diferencias entre labranzas.

El pastoreo redujo la cantidad de MP pequeños en LC y SD en todas las profundidades. De esta forma, las diferencias entre sistemas de labranza fueron menores y concentradas en las profundidades 5-10 y 10-15 cm, donde SD presentó los valores más elevados.

Considerando ambos tamaños de MP, el pastoreo los redujo significativamente en los primeros 5 cm del suelo en ambas labranzas. En LC la reducción fue más importante y llegó más profundo. En la profundidad 10-15 cm en el tratamiento LC se observó una reducción significativa y peligrosa de los MP, por sus posibles implicancias en la dinámica del agua. La mayor cobertura y la mayor resistencia a la penetración de las capas superficiales en SD podrían proteger la estructura del suelo del pastoreo.

Los mesoporos

Las diferencias de porcentaje de mP grandes ($9-3 \mu\text{m}$) y pequeños ($3-0.2 \mu\text{m}$) antes del pastoreo fueron pequeñas y limitadas a los primeros 5 cm (Fig.). Se observó una tendencia a favor de la LC que fue significativa en los mP grandes presentes en los primeros 5 cm. Otros estudios han encontrado mayor cantidad de mP en LC respecto a SD (Iglesias, et al. 1999), indicando que la SD favorecía el aumento de MP mejorando la infiltración pero en perjuicio de la capacidad de almacenamiento de agua.

Luego del pastoreo todos los mP aumentaron, si bien los cambios fueron diferenciales entre tratamientos y profundidades. El contenido de mP grandes fue semejante en todas las profundidades exceptuando 5-10 cm donde SD fue significativamente mayor que LC. En cambio, el contenido de mP pequeños en LC fue mayor en 0-5 cm y menor en 15-20 cm, mientras que no se observaron diferencias en 5-10 y 10-15.

Los microporos

Previo al pastoreo, los μP ($<0.2 \mu\text{m}$) presentaron tendencias semejantes en ambos sistemas de labranza, con valores menores en superficie y que en profundidad, en concordancia con las características texturales del suelo. En los primeros 5 cm la cantidad de μP fue mayor en SD, ligado a la compactación superficial anteriormente mencionada, y no significativa para el resto de las profundidades.

Si bien luego del pastoreo la cantidad de esta clase de poros fue ligeramente mayor en LC que en SD en la mayoría de las profundidades, la única diferencia estadística se observó a los 10-

15 cm, donde LC presentó el contenido más alto. Esto implica una menor capacidad de retención de agua útil para los cultivos.

CONCLUSIONES

El efecto de 4 años con sistema de labranza diferente fue pequeño y se localizó en los primeros 5 cm del suelo. Se reflejó en menor DA en LC, como consecuencia de la mayor cantidad de macro y menor de micro poros, que en SD.

El pastoreo produjo un efecto diferencial en la porosidad del suelo bajo ambos sistemas de labranza, se observaron cambios más importantes en LC, en especial en la disminución de macro y aumento de micro poros, que en SD. Estos resultados ponen de manifiesto que la mayor porosidad en LC es menos estable.

En ambos sistemas se observó mayor cantidad de poros biológicamente activos luego del pastoreo, sin embargo, esto resulta a expensas de la disminución de los macroporos, lo cual limita la infiltración de las escasas precipitaciones, y aumento de los microporos, lo cual aumenta el agua no disponible para el cultivo. En ambientes semiáridos estos factores son los condicionantes más importantes para el desarrollo del cultivo.

Si bien se necesitan estudios más prolongados en el tiempo, los resultados indicarían que los efectos negativos del pastoreo en SD se limitan a las capas superficiales, mientras que en LC llegan más profundo y más intensos.

REFERENCIAS

- Iglesias J.O., J.A. Galantini, A.M. Miglierina, M.R. Landriscini y R.A. 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. *Rev. Fac. Agronomía (UBA)* 18 (1-2) 19-26.
- Iglesias J.O., J.A. Galantini, R.A. Rosell, A.M. Miglierina y M.R. Landriscini. 1996. Cambios en la distribución del espacio poroso en un Entic Haplustoll con diferentes secuencias de cultivos en la región semiárida Argentina. *Agricultura Técnica* 56 (1): 43-48.
- Venanzi S., de Sa Pereira E. y Krüger H. La siembra directa y la ganadería: Efectos del pastoreo sobre la compactación a corto plazo. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Puerto Madryn, 16-19 abril, Comisión IV, 5 pág., CD-ROM.
- da Silva A.P., S. Imhoff and M. Corsi. 2003. Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system. *Soil Till. Res.* 70: 83-90.
- Galantini J.A., Miglierina A.M., Rosell R.A., Iglesias J.O. y Landriscini M.R. 1996. Distribución del CO₂ y Nt en fracciones granulométricas de un Hapludoll bajo dos sistemas de labranza. XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Santa Rosa 19 al 24 de mayo, pág. 57-58
- Richards, L.A. 1947. Pressure-membrane apparatus-construction and use. *Agricultural Engineering* 28: 451-454.
- 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.
- Kay B.D. and A.J. VandenBygaart. 2002. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil Till. Res.* 66:107-118.

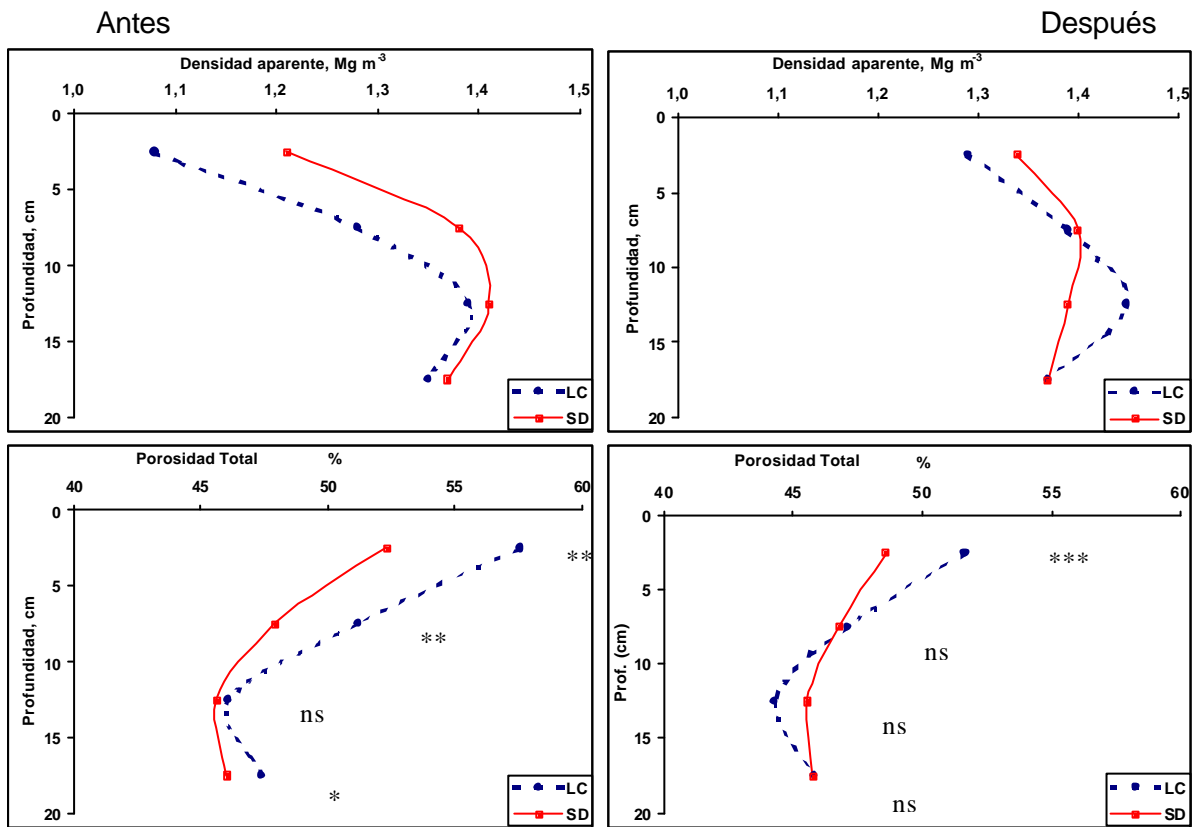


Figura 1:

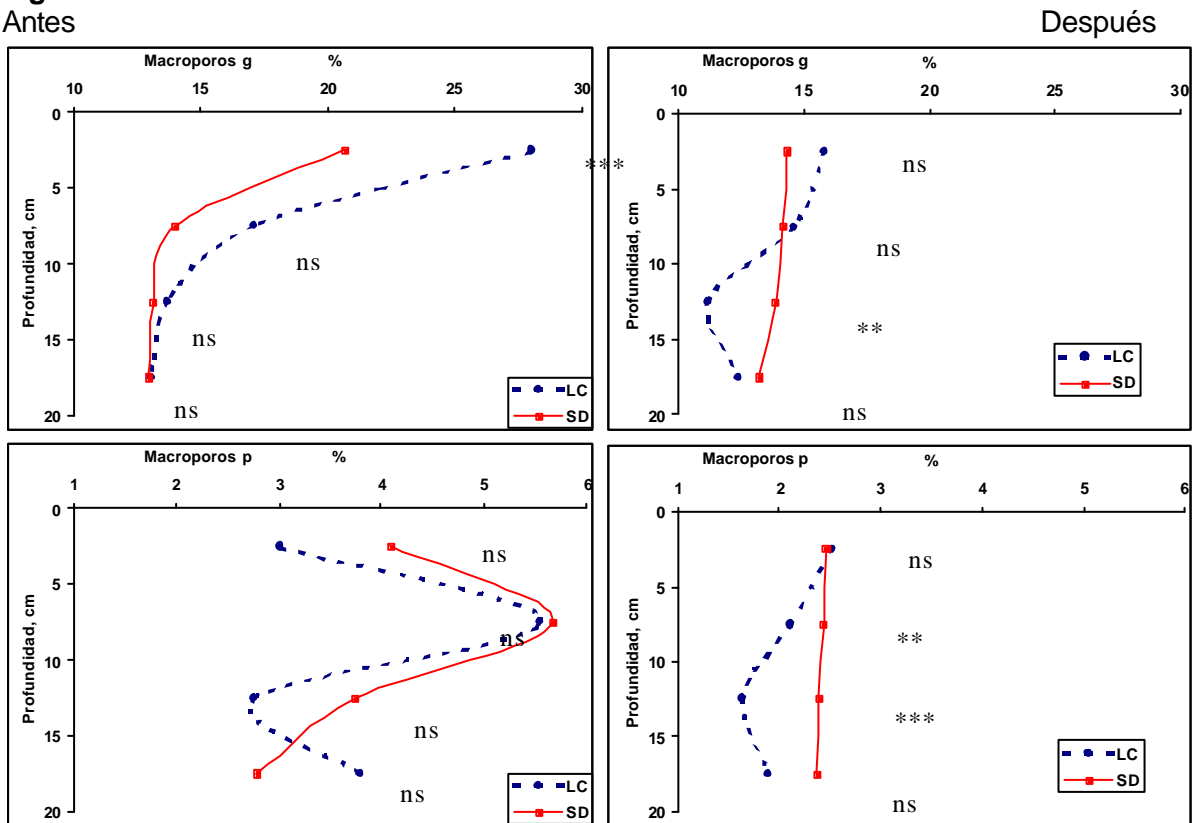


Figura 2:

Antes

Después

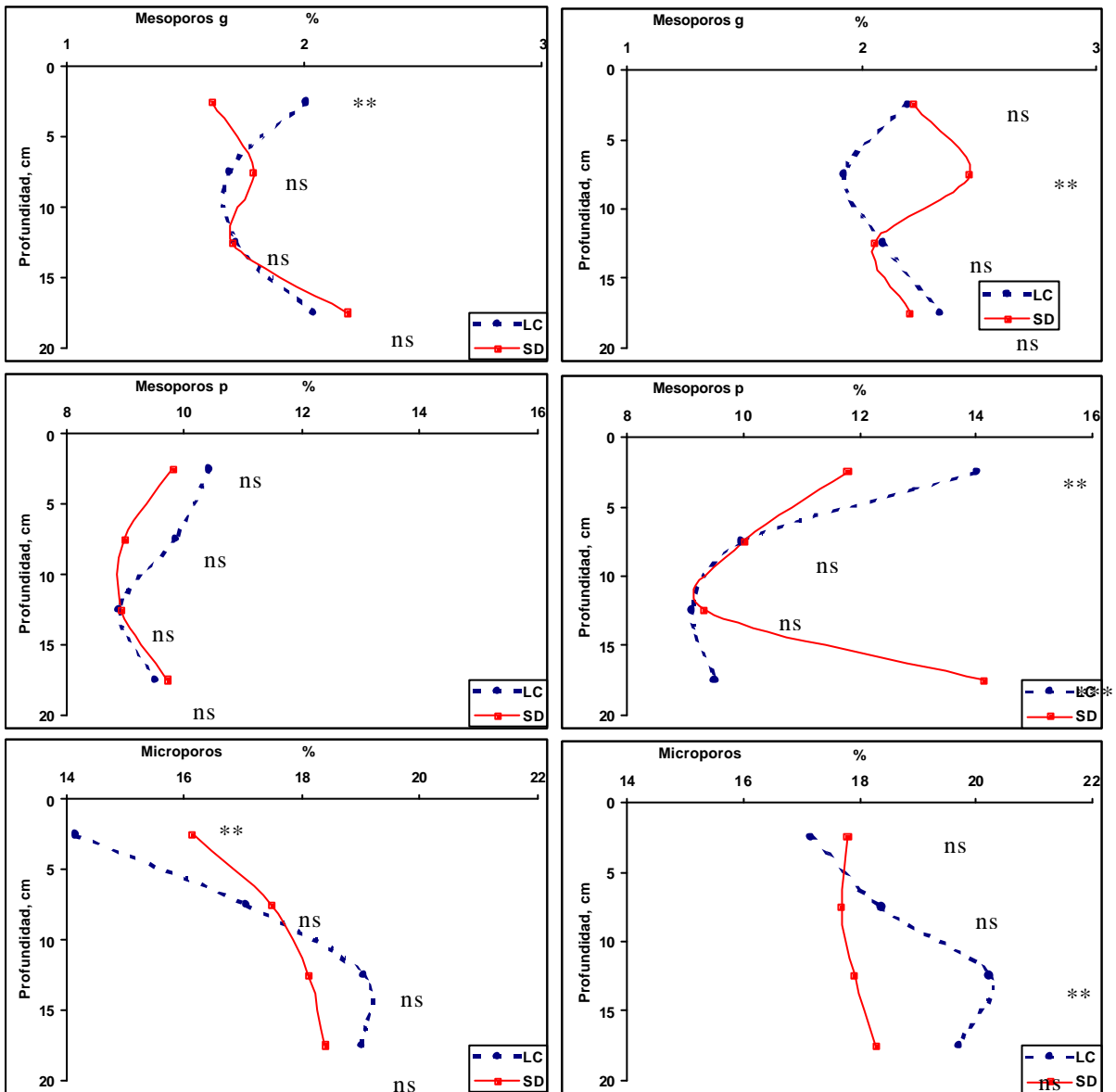


Figura 3: