



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER
EL GRADO ACADÉMICO DE
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE

Caracterización de la macroporosidad de un suelo Haplustol éntico
bajo labranza convencional y siembra directa.

Carolina PORFIRI

Directora

Dra. Jorgelina MONTOYA

SANTA ROSA (LAPAMPA)

Jurado

*Lic en Geología.
Hugo MARTINEZ*

2007

Jurado

Msc. Silvia AIMAR

ARGENTINA

INDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	9
2	OBJETIVO GENERAL.....	11
3	OBJETIVOS PARCIALES.....	11
4	MATERIALES Y METODOS.....	12
	4.1 Propiedades del suelo.....	12
	4.2 Estudio combinado con trazador colorante (<i>Brilliant blue</i>) y trazador conservativo (bromuro).....	13
	4.3 Análisis de las fotografías.....	14
	4.4 Distribución de tamaño de poros.....	15
	4.5 Cuantificación de lombrices.....	16
	4.6 Análisis estadísticos.....	16
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
	5.1 Porosidad Total y Distribución de tamaño de poros.....	17
	5.2 Descripción del movimiento del bromuro y <i>Brilliant blue</i>	19
	5.3 Análisis de las fotografías.....	21
	5.4 Cuantificación de lombrices.....	29
6	CONCLUSIONES.....	30
7	BIBLIOGRAFIA.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de materia orgánica en cada uno de los niveles de profundidad del suelo bajo ambos sistemas de labranzas.....	13
Tabla 2. Fracción de poros ocupados por agua edáfica al iniciar y al finalizar el estudio.....	21
Tabla 3. Porcentaje de suelo coloreado por <i>Brilliant blue</i> en SD y LC.....	22
Tabla 4. Precipitaciones registradas durante el período de estudio en la zona de Anguil.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porosidad total en el perfil de suelo bajo ambos sistemas de labranzas.....	18
Figura 2. Distribución de tamaño de poros por profundidad bajo ambos sistemas de labranza.....	19
Figura 3. Redistribución del bromuro en el perfil del suelo en SD y LC.....	20

ANEXO

Datos

Tabla I. Datos de distribución de tamaño de poros para cada uno de los sistemas de labranzas.....	35
Tabla II. Datos de concentración de bromuro hallados en los distintos niveles de profundidad bajo ambos sistemas de labranzas.....	36
Tabla III. Datos de cuantificación de lombrices bajo LC y SD correspondientes a la primera fecha de muestreo.....	37
Tabla IV. Datos de cuantificación de lombrices bajo LC y SD correspondientes a la segunda fecha de muestreo.....	37
Tabla V. Datos de porosidad correspondientes a los distintos niveles, bajo LC y SD.....	39

Análisis estadísticos

1. Análisis Estadísticos de porosidad Total del suelo bajo LC y SD.....	40
2. Análisis Estadísticos de la concentración de bromuro bajo LC y SD.....	42
3. Análisis Estadísticos de la distribución de tamaño de poros bajo LC y SD.....	44

DEDICATORIA

A MIS PADRES POR BRINDARME SU APOYO ETERNO.
A MIS HERMANOS PORQUE MIS LOGROS SON SU SATISFACCIÓN.

AGRADECIMIENTOS

A JORGELINA MONTOYA POR SER UNA INDISCUTIBLE GUIA PROFESIONAL Y POR SU PRESENCIA INCONDICIONAL EN MI VIDA. ÉLLA SABE CUAN AGRADECIDA ESTOY...

A ANDREAS SCHWARZ POR SU INSTRUCCIÓN EN LA TÉCNICA DE BRILLIANT BLUE. A RAMIRO FIORUCCI POR LA PRODUCCIÓN FOTOGRÁFICA. Y AL INGENIERO ALFREDO BONO POR TODAS LAS CORRECCIONES Y SUGERENCIAS QUE HICIERA OPORTUNAMENTE.

CARACTERIZACIÓN DE LA MACROPOROSIDAD DE UN SUELO HAPLUSTOL ÉNTICO BAJO LABRANZA CONVENCIONAL Y SIEMBRA DIRECTA.

ABSTRACT

During the last decade, an intensification of agriculture has taken place in Argentina, involving the replacement of conventional tillage (LC) by no-tillage (SD). This situation caused more frequent herbicides application, and many times higher rates. Tillage systems affect the characteristics and properties of soil system macroporosity and other hydraulic parameters. Macroporosity characterization is important because of its influence on water dynamic and solutes transport. The hypothesis was that SD favors water movement and conservative solutes transport compared with LC, since its greater presence of macropores and their interconnection. The objective was to describe water movement and conservative solute transport in a Haplustol Entic soil under SD and LC. Macroporosity characterization was done in situ with *Brilliant blue* and bromide as conservative tracers. Total soil porosity was greater in LC (0.57) than SD (0.55) ($p < 0.05$). These demonstrated that SD produces soil densification and therefore reduces total soil porosity. The size pores distribution indicated that SD had greater proportion of macropores at 10-20 cm compared with LC. *Brilliant blue* and bromide reached deeper profundity in SD than LC. Although, SD had low total porosity, this behavior indicated greater macropores continuity. Besides, the highest soil moisture in SD at the beginning of the study could favor the movement of water and solutes through the soil profile.

RESUMEN

A partir de los años '90, en Argentina hubo una intensificación de la agricultura acompañada por un importante proceso de sustitución de labranzas convencionales (LC) por la siembra directa (SD). Esto provocó mayor frecuencia de aplicaciones de herbicidas y, en algunos casos con dosis más elevadas. Los sistemas de labranza afectan a las características y propiedades del sistema de macroporos del suelo y otros parámetros hidráulicos. La caracterización de la macroporosidad del suelo tiene su importancia debido a su influencia en la dinámica del agua y del transporte de solutos. Se planteó como hipótesis que la SD en contraposición con la labranza convencional (LC) favorece el movimiento del agua y transporte de solutos conservativos debido a una mayor presencia de macroporos e interconexión de los poros. El objetivo fue describir el movimiento del agua y transporte de solutos conservativos en un Haplustol éntico bajo LC y SD y la caracterización de la macroporosidad se realizó mediante un ensayo *in situ* con *Brilliant blue* y bromuro como trazadores conservativos. La distribución de tamaños de poros con la mesa de tensión. Además, se cuantificaron las lombrices presentes en los perfiles estudiados. La porosidad total del suelo fue mayor en LC (0.57) que en SD (0.55) ($p < 0.05$). Esto evidencia que la SD promueve la densificación de los suelos y por lo tanto reduce la porosidad total. Con respecto a la distribución de tamaño de poros, la SD presentó mayor proporción de macroporos en la capa de 10-20 cm comparado con LC. Los trazadores conservativos alcanzaron una mayor profundidad de penetración en SD respecto a LC. Además la SD presentó un mayor contenido de humedad al iniciar el estudio, lo cual sería un factor más a tener en cuenta en SD, ya que también favorece el desplazamiento del agua y solutos a través del perfil del suelo.

INTRODUCCIÓN

En la Región Semiárida Pampeana los suelos se clasifican como Molisoles, Haplustoles enticos y Ustipsamientos típicos, distribuidos en las unidades geomorfológicas de la Planicie Medanosa (PM) y Planicie con Tosca (PT). La PM posee suelos arenoso-francos con presencia de napas freáticas a partir de 150 cm de profundidad oscilando según las precipitaciones registradas (Garnero y Quiroga, 2003). En la PT los suelos poseen mayor contenido de limo, texturas franco-arenosas a francas y capas de tosca a profundidades variables de 30 a 150 cm. Se caracterizan por una leve estructuración, drenaje algo excesivo, permeabilidad rápida, algo deficiente su capacidad de retención de la humedad y susceptibles a la erosión eólica (INTA *et al.* 2004). Dadas las características edáficas de la zona, la SD surge como el paquete tecnológico más apropiado para reducir la erosión eólica y aumentar la eficiencia de uso del agua.

Las precipitaciones presentan una marcada irregularidad, con un balance hídrico anual negativo pero con importantes excedentes puntuales. En la serie de años 1961-2001 se observa para Anguil (La Pampa), una precipitación media anual de 665.2 mm con una distribución del 72,7% en el semestre cálido (octubre-marzo) y un 27,3% en el semestre frío (abril-septiembre) (EEA Anguil, 2006).

A partir de los años '90, en Argentina hubo una intensificación de la agricultura acompañada por un importante proceso de sustitución de labranzas convencionales (LC) por la siembra directa (SD). Esto provocó mayor frecuencia de aplicaciones de herbicidas y, en algunos casos con dosis más elevadas. En nuestro país aproximadamente el 50 % del área agrícola se halla bajo SD. La provincia de La Pampa no escapa a los cambios observados en el resto del país; el empleo de agroquímicos ha comenzado a ser masivo fundamentalmente en lo que se refiere a herbicidas (Montoya *et al.* 1999).

Los sistemas de labranza afectan las características y propiedades del sistema de macroporos del suelo y otros parámetros hidráulicos (Edwards, 1982). La caracterización de la macroporosidad del suelo tiene su importancia debido a la influencia en la dinámica del agua y del transporte de solutos. Los macroporos son canales formados por la actividad biológica (mesofauna, raíces) y no biológica (grietas). Participan del flujo del agua en condiciones de saturación. Si bien,

representan una pequeña proporción de la porosidad total del suelo, ellos contribuyen en una fracción importante sobre el movimiento de agua y soluto transportado (Luxmoore, 1981).

Los sistemas LC remueven la superficie del suelo, destruyen la estructura porosa natural y disrumen la continuidad de los macroporos (Edwards *et al.* 1988; Dick *et al.* 1989). Mientras que los sistemas de labranza conservacionistas, en su máxima expresión la SD, implican prácticas de manejo con menores disturbios en el suelo y una mayor cobertura de la superficie del suelo con residuos vegetales. En sistemas de SD se crearían condiciones edáficas propicias para el lavado de herbicidas en el perfil del suelo (Shipitalo *et al.* 2000). Por ejemplo, el incremento de las tasas de infiltración en suelos bajo SD ha sido atribuido a un mayor número y continuidad de macroporos (Edwards *et al.* 1988; Dick *et al.* 1989). Este hecho se puede atribuir a un menor disturbio de la superficie del suelo y a una mayor abundancia de las lombrices (Lee, 1985). Los solutos pueden ser transportados mas rápidamente hacia el agua subterránea mediante el flujo preferencial a través de los macroporos; poniendo en alto riesgo la calidad del agua subterránea debido a la posible contaminación. El concepto de flujo preferencial a través de macroporos implica que el agua no tiene tiempo suficiente para establecer equilibrio con la matriz del suelo y por lo tanto es una vía rápida de transporte de solutos a través del perfil.

Los estudios de transporte de solutos en laboratorio así como en el campo, están siendo utilizados para caracterizar los mecanismos de flujo. Los trazadores colorantes y conservativos tales como el *Brilliant blue* y el bromuro, respectivamente, son una herramienta útil para visualizar y cuantificar patrones espaciales de flujo. Estos han revelado flujos preferenciales en forma de plumas verticales (Kung, 1990), entre fisuras y a través de canales de lombrices (Lin y Mcinnes, 1995). El *Brilliant blue* ha sido propuesto como un trazador apropiado para visualizar flujos preferenciales en la zona no saturada. Además cuando se usa en conjunto con el análisis de imágenes, el trazador es una útil herramienta para caracterizar las relaciones entre características morfológicas y físicas del suelo (Aeby *et al.* 1997). El ión bromuro (Br^-) ha sido usado como un trazador para determinar el flujo preferencial en muchos experimentos y es de gran utilidad para el estudio del movimiento del agua ya que presenta casi el mismo movimiento.

La importancia de la comprensión integral de los mecanismos de transporte de solutos a través del perfil del suelo es esencial para el estudio del destino de los plaguicidas en el ambiente y además para diseñar mejores prácticas de manejo que minimicen los potenciales impactos adversos sobre el ambiente (Triegel y Guo, 1994)

El proceso de intensificación de la agricultura y el efecto de los sistemas de labranzas han sido y siguen siendo estudiados respecto a su impacto productivo (Quiroga *et al.* 1999; Quiroga *et al.* 1998), no así respecto a los posibles efectos ambientales adversos que podría ocasionar tales como la contaminación de aguas subterráneas con herbicidas. En nuestro país, son muy escasos y recientes los estudios que contemplan el comportamiento de los herbicidas en el suelo y su impacto en los agroecosistemas (Daniel *et al.* 2002; Montoya *et al.* 2003; Montoya *et al.* 2004). La mayoría de la información ha sido generada en los países desarrollados. Sin embargo, la contaminación del agua no es exclusiva de Norte América y Europa del Oeste. En gran medida la falta de información muestra un panorama parcial del estado de contaminación de las aguas subterráneas del planeta (Funari *et al.* 1995).

HIPÓTESIS

La SD, en contraposición con la LC, favorece el movimiento del agua y transporte de solutos conservativos debido a una mayor presencia de macroporos e interconexión de los poros.

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la macroporosidad y describir el movimiento del agua y transporte de solutos conservativos en un Haplustol éntico bajo SD y LC.

OBJETIVOS PARCIALES

- Cuantificar la ocurrencia de macroporos y describir el movimiento del agua en el perfil de un Haplustol éntico mediante estudio “in situ” con la técnica de “*Brilliant blue*”, bajo LC y SD.

- Describir el movimiento del agua en el perfil del suelo mediante estudio “in situ” con el uso de un trazador conservativo (Bromuro), bajo LC y SD.
- Describir la distribución de tamaño de poros del suelo bajo LC y SD.
- Cuantificar el número de lombrices presentes en los primeros 40 cm del perfil, bajo LC y SD.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Propiedades de suelo

El estudio se realizó en un suelo localizado en la EEA Anguil del INTA de textura franca clasificado como Haplustol éntico con un horizonte A de 18 cm y una capa de tosca a profundidad variable entre 80 y 120 cm. El lote se conduce bajo SD y LC desde hace 8 años, con una superficie de 1.1 ha para cada labranza. La profundidad de labranza es aproximadamente de 20 cm. Se analizó el contenido de materia orgánica (MO) (Walkley y Black, 1934) con 6 repeticiones (Tabla 1). Se realizaron análisis de humedad en niveles de 5 cm hasta los 25 cm de profundidad y en el nivel de 25 a 40 cm por gravimetría, al iniciar (HI) y finalizar el estudio de transporte (HF) con 4 repeticiones. Se determinó la densidad aparente (DA) en los mismos niveles mencionados con 4 repeticiones y para ello se usaron cilindros de 10 cm de diámetro y 6 cm de alto. Se calculó la porosidad total (ρ), y con ello la capacidad de almacenaje de humedad edáfica a saturación. Por otro lado se expresó el contenido de HI y HF en fracción de humedad almacenada respecto a la máxima capacidad de almacenaje y se obtuvo fHI y fHF, respectivamente.

Tabla 1. Contenido de materia orgánica en cada uno de los niveles de profundidad del suelo bajo ambos sistemas de labranzas.

Prof. (cm)	Materia Orgánica (%)	
	LC	SD
0-5	1.88	2.26
5-10	1.56	1.58
10-15	1.28	1.15
15-20	0.99	0.96
20-25	1.01	0.83

2. Estudio combinado con trazador colorante (Brillant blue) y trazador conservativo

El estudio se realizó *in situ*, el 8 y 14 de junio de 2005, bajo SD y LC respectivamente. El lote estaba sembrado con avena, en estado de macollaje. Se seleccionó un área plana de 200 cm x 200 cm donde se aplicó el trazador colorante en forma conjunta con bromuro (Br) como trazador conservativo. Se marcó un área de muestreo de 100 cm x 80 cm dentro del área de aplicación definida anteriormente. Se tomaron fotografías en forma perpendicular al área de aplicación.

Se preparó en una regadera 10 l de agua, 10 g de *Brilliant blue* como trazador colorante, (N-Ethyl-N-(4-[(4-{ethyl[(3-sulfophenyl)methyl]amino}phenyl)(2-sulfophenyl)methylene]-2,5-cyclohexadien-1-ylidene)-sulfobenzenemethanaminium hydroxide inner salt, disodium salt) y 119 g de bromuro (Br), como trazador conservativo. Este procedimiento se repitió 12 veces hasta completar 120 l, equivalentes a 30 mm de precipitación.

La aplicación de la solución de *Brilliant blue* y Br se realizó con una regadera, en forma uniforme y lentamente para evitar encharcamiento. Una hora después de finalizada la aplicación, se cavó una zanja de trabajo en el borde frontal del área de muestreo. A continuación se realizaron cortes en el perfil de suelo paralelos a la superficie del terreno para observar la profundidad alcanzada por el colorante. Los cortes se realizaron cada 5 cm, hasta los 25 cm de profundidad y de los 25 cm hasta 40 cm de profundidad. Se procuró evitar taponar los poros, y en cada corte para la limpieza del suelo se utilizó una aspiradora

industrial. Luego de la obtención de cortes claros del suelo se procedió a tomar las fotografías. Además se preparó el corte vertical del perfil para fotografiar el movimiento del trazador colorante. De cada corte se extrajeron 2 muestras para el análisis posterior de Br⁻. La concentración de Br⁻ en las muestras recogidas se midió con electrodo específico (Termo pH-metro ALTRONIX TPX-II, electrodo ión selectivo Really-Flow™).

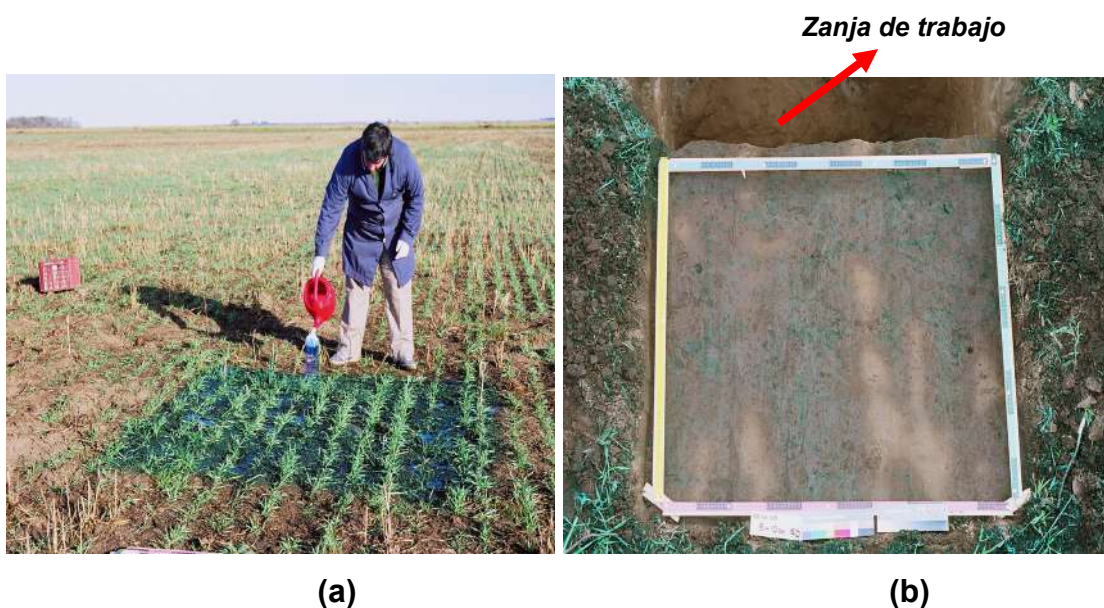


Foto 1: (a) Detalle de la aplicación del *Brilliant blue* en estudio *in situ* bajo SD. **(b)** Detalle del corte paralelo a la superficie correspondiente al nivel de 5-10 cm de profundidad bajo SD y zanja de trabajo.

3. Análisis de las fotografías

Las fotografías fueron tomadas por duplicado con una cámara Nikon Coolpix 5400, para cada una de los cortes de la excavación, con y sin flash. Las fotografías tomadas de los cortes del suelo se analizaron con los softwares Adobe Photoshop y Scion Image. Mediante la utilización del primer programa se corrigió el marco de la foto en caso que fuese necesario. Luego se guardó como fotografía original en formato JPG. A continuación, se seleccionó el interior del marco y mediante las funciones invertir y cortar, se obtuvo la fotografía del suelo sin el mismo. Posteriormente, la imagen original fue filtrada por un canal verde y un canal rojo; de allí, se obtuvieron dos imágenes. Con el programa Scion Image

se realizó un cálculo matemático de división entre las imágenes obtenidas anteriormente. Se seleccionó la imagen en blanco y negro, resultante de cada división, que mejor representara la imagen original. En este caso el color blanco corresponde al suelo teñido con *Brilliant blue*. A partir de allí, se calculó el porcentaje de área coloreada.

4. DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS DE POROS

Para cuantificar la distribución y tamaño de poros se utilizó la mesa de succión (Eijkelkamp, 2004). Se emplearon cilindros de acero inoxidable de 5.5 cm de diámetro x 4 cm de alto, con muestras extraídas cada 10 cm de profundidad hasta los 40 cm, con siete repeticiones. Estas se colocaron en la mesa de tensión y mediante un regulador de succión con una escala graduada en cm de agua y pF, se las sometió a tensiones (pF) de 0, 0.4, 1, 1.5, 1.8 y 2. Las muestras de suelos contenidas en los cilindros se saturaron en una bandeja con agua destilada, una vez alcanzado el equilibrio se pesaron, dicho punto corresponde a pF 0. Las muestras se dejaron una semana en cada succión y posteriormente pesaron.

$$\theta_g = (P_{pF} - P_s / P_s) \times 100$$

Donde, θ_g es la humedad gravimétrica, P_{pF} es el peso del suelo al pF determinado y P_s es el peso seco del suelo a estufa (105 °C).

$$pF = \log h(cm) \qquad r = \frac{2\sigma}{hg\delta}$$

Donde, h es la presión expresada como columna de agua (cm), r es el radio del capilar o poro (m), σ tensión superficial del agua 0.07 N m⁻¹, δ densidad del agua 1 Kg m⁻³ y g aceleración de la gravedad 9.8 m.s⁻².

La porosidad total del suelo está dividida en diferentes clases de tamaño de poros y éstas pueden cumplir distintos roles. La clasificación utilizada fue la de Koorevaar *et al.* (1983): microporos (<30 µm de diámetro), mesoporos (30 – 100 µm), macroporos (>100 µm).

5. CUANTIFICACIÓN DE LOMBRICES

Para cuantificar las lombrices se estableció en cada labranza una malla de muestreo de 16 puntos (4 por 4), equidistantes 10 m. Se realizaron 2 muestreos en cada una de las labranzas. El primero se realizó en junio de 2005, con un muestreador cilíndrico de 20 cm de diámetro por 12 cm de alto (3657.7cm^3) a fin de hacer un muestreo en el mismo volumen de suelo (Alvarez *et al.* 2003).

Las lombrices terrestres se clasifican de acuerdo a su alimentación y el tipo de canales que forman en 3 grandes grupos ecológicos (Bouché, 1977):

- Epigeas: Las lombrices epigeas viven y se alimentan en la hojarasca. *Lumbricus rubellus* es un ejemplo de especies epigeas.
- Endógeas: Estas especies viven principalmente en los primeros 30 cm del suelo, donde crean laberintos de canales de 3 direcciones, mientras consumen grandes cantidades de suelo.
- Anécicas: Estas especies construyen largos canales verticales y permanentes, que en ocasiones se extienden hasta el metro de profundidad. *Lumbricus terrestris* es un ejemplo de especies anécicas.

La distribución de las lombrices en el espacio y en el tiempo depende de la temperatura y humedad edáfica. Las lombrices del grupo de las anécicas fueron las especies de mayor interés en este trabajo. Dichas especies presentan gran capacidad de explorar el perfil en busca de humedad edáfica. Es por ello que, en febrero de 2006 se realizó un segundo muestreo a mayor profundidad. En este caso, las medidas del muestreador utilizado fueron 10 cm de altura, 30 cm de largo y 16 cm de ancho (4800cm^3). Se mantuvo la misma malla pero se realizó el muestreo en 4 niveles hasta los 40 cm de profundidad.

En ambos muestreos, las muestras se tamizaron por 3 tamices cuya abertura de malla corresponde a 4.6 mm, 3.3 mm y 1.65 mm.

6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se realizaron test de ANVA de las densidades aparentes, porosidad y fracción de humedad a saturación según un diseño completamente aleatorizado con 4 repeticiones, y arreglo factorial labranza x profundidad (2x6). Para determinar la distribución de tamaño de poros se realizaron 7 repeticiones por profundidad, y 2 repeticiones para las concentraciones de Br⁻ halladas en el perfil del suelo. Se realizó la prueba de diferencias de medias DUNCAN. Cuando no se observaron interacciones significativas de labranza x profundidad se realizaron contrastes para su análisis y en caso de interacciones significativas se utilizó la sentencia SLICE como análisis post ANVA (SAS, 1999). En el Anexo se muestra el informe completo de los resultados de los análisis estadísticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. POROSIDAD TOTAL Y DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE POROS.

La porosidad total del suelo fue mayor en LC (0.57) que en SD (0.55) ($p < 0.05$). Asimismo, a 0-5, 5-10 y 25-40 cm de profundidad la porosidad fue mayor en LC que en SD ($p < 0.01$) (Figura 1) (Anexo Tabla V). Esto evidencia que la SD promueve la densificación de los suelos y por lo tanto reduce la porosidad total. Los resultados obtenidos son similares a aquellos hallados por Quiroga *et al.* (1996); quienes midieron una densificación significativa en los primeros 20 cm del suelo. Del mismo modo, Bordovsky *et al.* (1999) encontraron mayor DA bajo sistemas de labranzas reducidas que en LC.

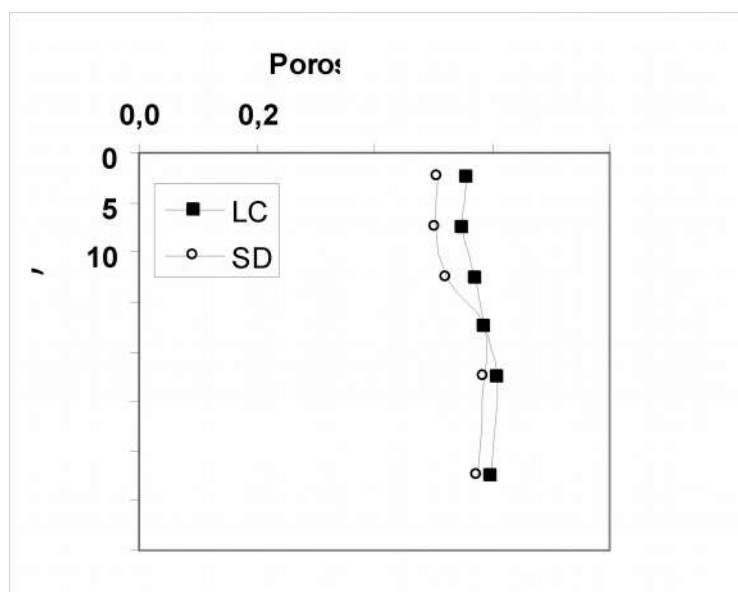


Figura 1. Porosidad total en el perfil de suelo bajo ambos sistemas de labranzas.

El mayor porcentaje de poros fue la fracción de microporos (40.48 a 43.52 %), seguida por los mesoporos (6.16 a 10.43 %) y por último los macroporos (3.29 a 7.56 %) (Figura 1) (Anexo tabla I). Se observó mayor proporción de macroporos en el nivel de 10-20 cm que en los niveles de 20-30 y 30-40 cm ($p < 0.01$). Los mesoporos presentaron interacción significativa ($p < 0.01$) labranza por profundidad. En SD, el nivel de 0-10 cm presentó mayor proporción de mesoporos ($p < 0.05$) que en el resto de las profundidades. A los 30-40 cm se obtuvo la menor proporción de mesoporos ($p < 0.05$). Hubo una mayor microporosidad en LC (42.16) que en SD (40.29) ($p < 0.05$).

Bajo LC, se observó una mayor macroporosidad a los 0-10 cm; lo cual se debe a la remoción del suelo por parte de los implementos agrícolas. En general se observó que la proporción de macroporos disminuyó uniformemente con la profundidad. Mientras que en SD, en 0-10 cm hubo una baja proporción de macroporos y alta de mesoporos. En el nivel siguiente, se revierten las proporciones, aumentando los macroporos y disminuyendo los mesoporos. La causa sería que en el suelo no disturbado permanecen los canales abiertos por raíces y fauna edáfica. En los niveles inferiores la proporción de macroporos fue prácticamente igual, perdiéndose el efecto por las labranzas.

En la fracción de mesoporos y microporos en las dos niveles inferiores fue menor en SD que el LC, esto podría relacionarse con que la SD presentó una menor porosidad total.

Las diferencias que se observaron por debajo de la capa arable, aproximadamente a los 20 cm, se puede atribuir a un error metodológico. Ya que los cilindros utilizados en la mesa de tensión son de pequeñas dimensiones y pueden arrojar errores experimentales. Además, cuando se extrajeron las muestras las condiciones del suelo no fueron óptimas, dado el ciclo seco al momento estudio pudiendo perjudicar la extracción de las muestras y sumar errores experimentales.

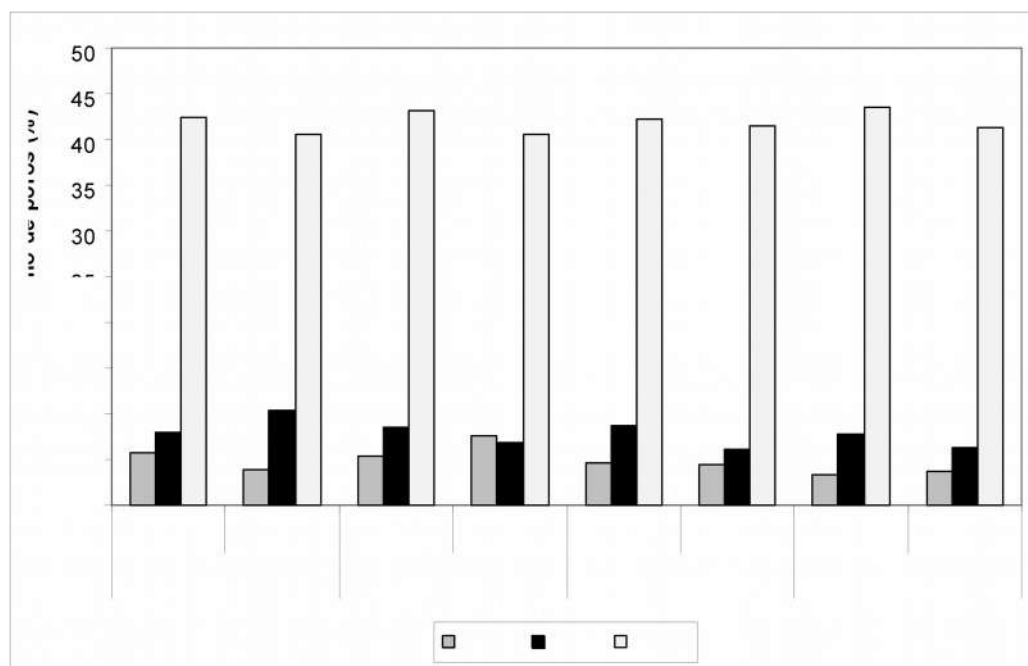


Figura 2. Distribución de tamaño de poros por profundidad bajo ambos sistemas de labranza.

2. DESCRIPCIÓN DEL MOVIMIENTO DE BROMURO Y *BRILLIANT BLUE*

El movimiento del Br en SD, alcanzó una mayor profundidad que en LC (Figura 3) (Anexo tabla II). Se obtuvo una interacción significativa labranza x profundidad ($P < 0.01$). En LC, a 0-5 cm de profundidad la concentración de Br^- fue mayor que en SD ($P < 0.01$). Por otro lado, en las profundidades 15-20 y 25-40 fueron mayores los contenido de Br^- en SD que en LC ($P < 0.05$). Esto estaría indicando que en LC hubo una menor redistribución del Br^- en el perfil, mostrando un menor desplazamiento del agua desde los niveles superficiales hacia los subsuperficiales del suelo.

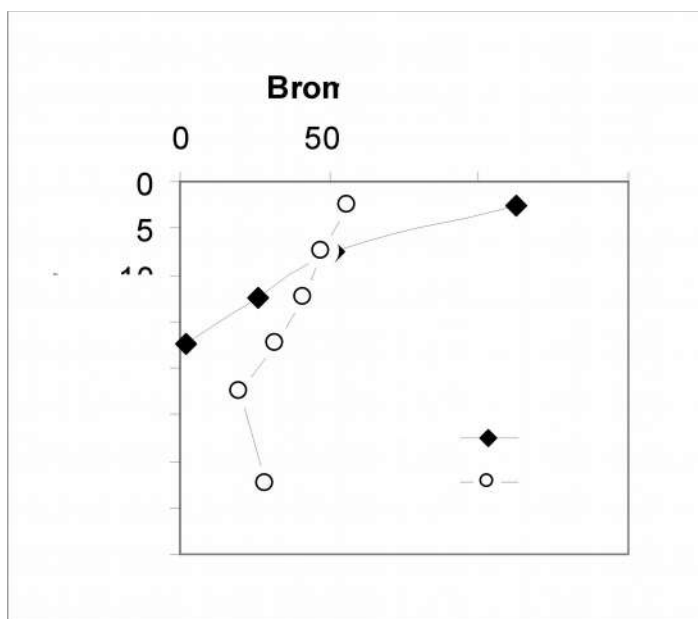


Figura 3. Redistribución del bromuro en el perfil del suelo bajo SD y LC.

Sin embargo, cabe resaltar que, al iniciar el estudio la SD presentó superiores contenidos de humedad que la LC. En la Tabla 2 puede observarse la fracción de poros ocupados por agua respecto al contenido de agua a saturación en cada uno de los sistemas de labranza y profundidad. Este factor podría haber favorecido el movimiento del Br a través del perfil. Sin embargo, pudo observarse, durante el desarrollo de la técnica en el campo una inferior tasa infiltración y mayor encharcamiento en LC que en SD. Lo cual podría estar generado por una menor estabilidad de los agregados y por ende, taponamiento de poros disminuyendo la infiltración.

La SD tiene como objetivos disminuir la erosión hídrica y mejorar la conservación del agua en el suelo. Es por ello que, tal como lo demuestran los resultados, los suelos bajo SD presentan mayor contenido de agua que aquellos bajo LC (Quiroga *et al.* 1999). Siendo que el transporte de solutos en el suelo está gobernado fundamentalmente por el flujo de agua (Bear, 1988), aquellos suelos con mayor contenido de humedad serían más propensos al lixiviado de solutos a través del perfil. De esta manera, en SD donde el control de malezas se basa en el uso casi exclusivo de herbicidas, el riesgo de lixiviado de plaguicidas sería mayor.

Tabla 2. Fracción de poros ocupados por agua edáfica al iniciar (*fHI*) y al finalizar (*fHF*) el estudio.

Prof. cm	LC		SD	
	<i>fHI</i>	<i>fHF</i>	<i>fHI</i>	<i>fHF</i>
0-5	0.29	0.63	0.18	0.60
5-10	0.29	0.48	0.23	0.41
10-15	0.29	0.32	0.25	0.34
15-20	0.26	0.42	0.24	0.34
20-25	0.29	0.32	0.25	0.26
25-40	0.29	0.35	0.25	0.24

3. ANÁLISIS DE LAS FOTOGRAFÍAS

La fracción de área coloreada podría ser interpretada como una medición de los macroporos hidráulicamente activos (Beven y Germann, 1982). Mediante el análisis de las fotografías se obtuvo el porcentaje (%) de suelo coloreado por el trazador colorante *Brilliant blue* para los dos tipos de labranza y cada profundidad. En SD al igual que en LC el porcentaje de suelo coloreado fue mayor en el nivel superficial disminuyendo en profundidad. En SD el *Brilliant blue* alcanzó mayor profundidad (Tabla 3). En labranzas conservacionistas la mayor profundidad de penetración indica una mayor continuidad de macroporos en el perfil (Wahl *et al*, 2004). En LC el trazador coloreó hasta el nivel de 10-15 cm en cambio en SD hasta el nivel de 25-40 cm. Wahl *et al*. (2004) estudiando un suelo encontraron que en lotes bajo SD el trazador alcanzó los 120 cm, mientras que en lotes bajo LC el trazador se observó hasta los 50 cm en un suelo con 12.3 % arcilla, 85 % limo, 2.7 % arena. A los 5 cm de profundidad el % de suelo coloreado fue mayor en SD que en LC, esto se debió a que en labranzas conservacionistas la estructura porosa permanece inalterada favoreciendo una mayor tasa de infiltración. En los niveles superficiales de la LC el transporte del agua y solutos avanzó lenta y homogéneamente por toda la matriz del suelo, mientras que en SD se identificaron áreas de flujo preferenciales.

Tabla 3. Porcentaje de suelo coloreado por Brilliant blue en SD y LC.

Prof. (cm)	SD	LC
	%	
5	4.98	1.70
10	1.65	0.08
15	1.63	0.00
20	1.40	0.00
25	1.17	

Si bien, la LC presentó una mayor porosidad total, el movimiento de agua y trazador fue menor. Existen dos posibles factores que facilita este fenómeno en SD. Primero, la humedad inicial y segundo, la presencia de macroporos e interconexión de los mismos.

El mayor contenido de humedad inicial pudo haber favorecido el movimiento de agua en el perfil. Aún así, es sabido que los sistemas de labranza conservacionista, tal como es la SD, generalmente poseen un mayor contenido hídrico respecto de los sistemas de labranzas convencionales (Quiroga *et al.* 1996). Es por ello que la humedad edáfica es otro factor a tener en cuenta al momento de analizar el efecto de los sistemas de labranza sobre el transporte de agua y solutos sobre el perfil.

Por otra parte, si bien en el nivel superficial en SD hubo una menor macroporosidad, los macroporos podrían presentar una mejor interconexión, mientras que en LC, la fracción de macroporos en el nivel superficial fue mayor pero los mismos podrían verse interrumpidos. Semejantes resultados fueron hallados por Quiroga y Monsalvo (1989) quienes determinaron que en SD frecuentemente es mayor la DA y menor la macroporosidad y conductividad hidráulica en la zona de labranza (0-10), registrándose un comportamiento inverso en el nivel subsuperficial. En SD se registró inicialmente una menor tasa de infiltración que en LC, guardando relación con la menor porosidad del nivel superior. Sin embargo, la infiltración acumulada resultó superior en SD, poniendo en evidencia una mayor estabilidad estructural de los agregados e interconexión entre sí. Otros estudios realizados en suelos pobremente estructurados resultaron en un aumento en la densidad aparente bajo SD. Sin embargo, la conductividad hidráulica a saturación aumentó por efecto de la SD; esto podría atribuirse;

contrariamente a los resultados hallados; a la formación de microagregados y macroporos en el nivel superficial del suelo (Bordovsky et al., 1999).

La alteración del espacio poroso del suelo es una de las características más destacadas del laboreo, modificando su disposición interna de poros y agregados. Los procesos asociados a ambientes no disturbados promueven la formación de macroporos continuos (Locke y Bryson, 1997) ofreciendo un flujo preferencial al transporte de agua y solutos.

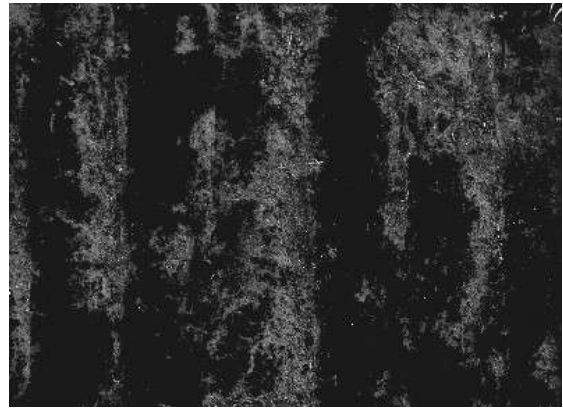
Por otro lado, pudo observarse en las fotografías un gran número de macroporos no coloreados. Los mismos podrían hallarse interrumpidos, impidiendo un flujo preferencial desde la superficie con los volúmenes de agua utilizados. Otro posible factor, podría ser que la cantidad de agua utilizada no fue suficiente. Dada esta condición del suelo, se realizó un recuento visual de los mismos.

Se describen las fotografías originales y aquellas resultantes luego del procesamiento con Photoshop y Scion Imagen. Bajo SD, la línea de siembra, por el efecto mecánico del elemento de siembra o abresurco, provocó un importante movimiento de agua y transporte de colorante, observándose dispersión asociada al gradiente de color desde la línea hacia el entresurco (Foto 2 a y b). En LC el suelo se coloreó formando áreas homogéneas sin presencia de macroporos visualmente identificables (Foto 3 a y b). Pudo observarse una débil estructura; y tal como se mencionara anteriormente, la tasa de infiltración del agua fue más lenta que en SD, observándose encharcamiento.

1 cm = 13.7 cm



(a)

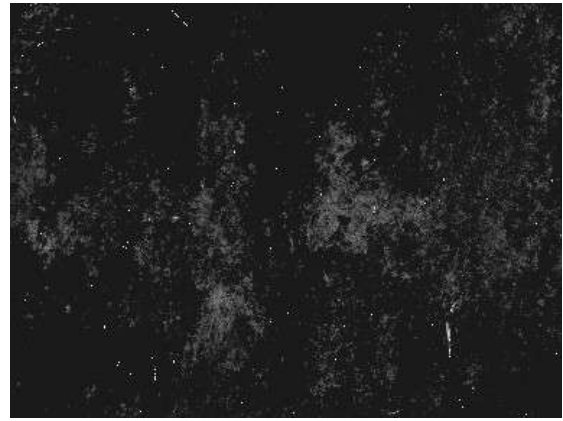


(b)

Foto 2 a y b. Foto original y procesada correspondiente a SD 0-5 cm.



(a)



(b)

Foto 3 a y b. Foto original y procesada correspondiente a LC 0-5 cm

A los 5-10 cm de profundidad bajo SD se siguió observando el efecto de la línea de siembra, sin embargo fue más importante el efecto causado por el sistema radicular sobre el movimiento de agua y colorante (Foto 4 a y b). Además se pudo observar la presencia de 9 macroporos sin colorear. En LC el porcentaje de suelo coloreado fue menor y no se distinguieron macroporos sin colorear (Foto 5 a y b).

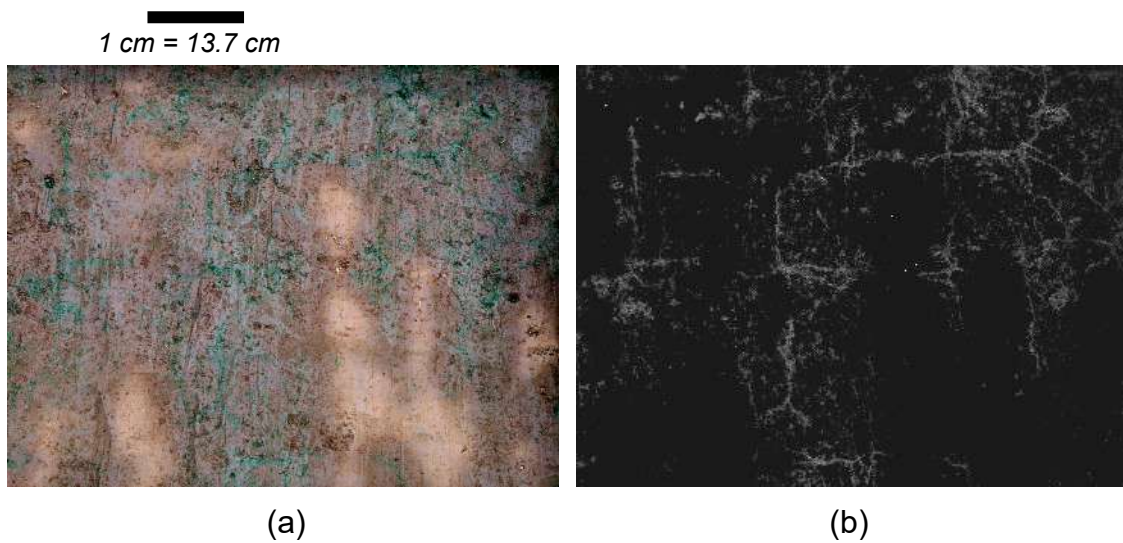


Foto 4 a y b. Foto original y procesada correspondiente a SD 5 -10 cm.

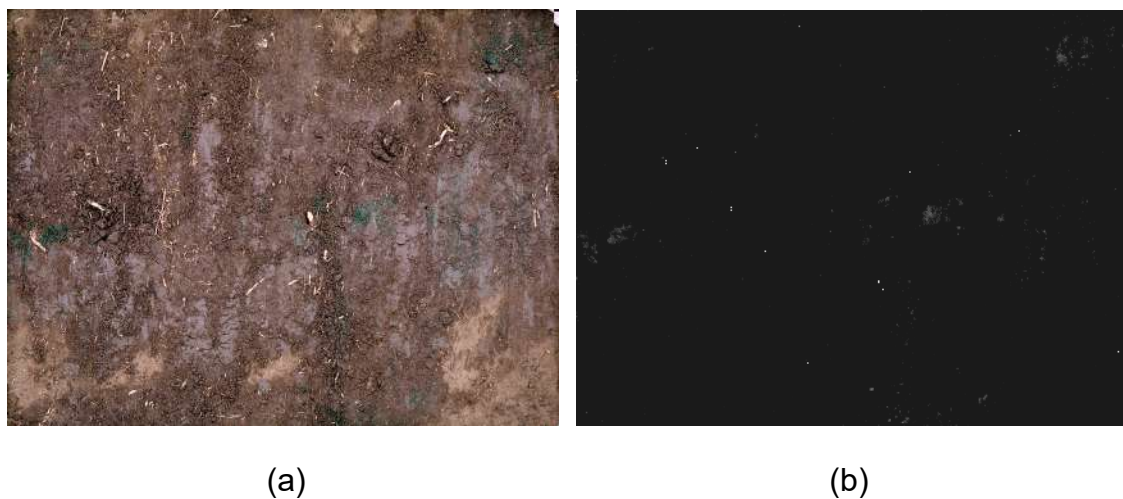


Foto 5 a y b. Foto original y procesada correspondiente a LC 5 -10 cm.

Bajo SD a los 10-15 cm se observó la presencia de macroporos coloreados indicando zonas de flujos preferenciales en el perfil, coincidentemente con el sistema radical. Además se pudo observar la presencia de 4 macroporos sin colorear. (Foto 6 a y b). En la LC no se observaron áreas coloreadas ni macroporos sin colorear (Foto 7 a y b).

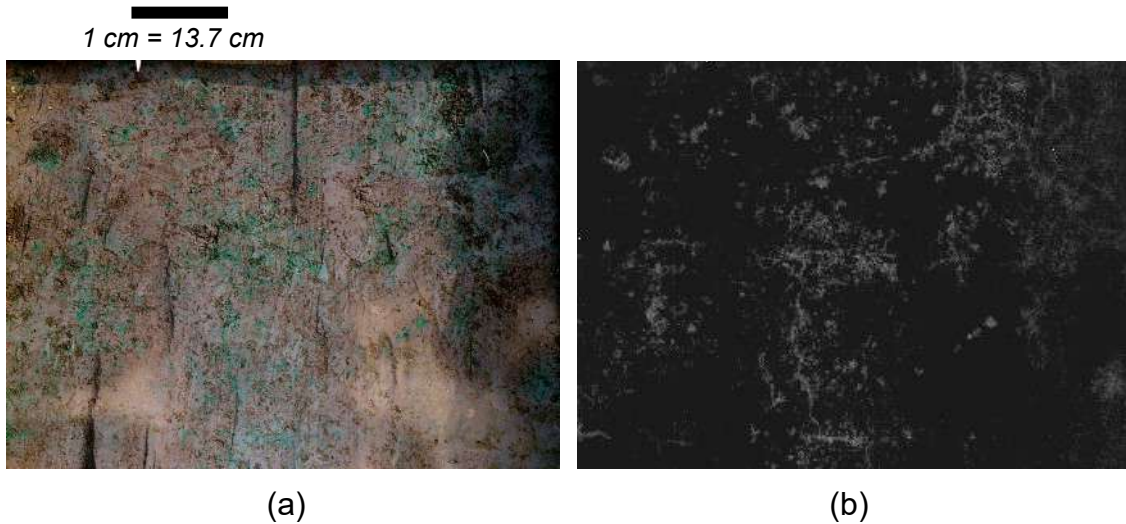


Foto 6 a y b. Foto original y procesada correspondiente a SD 10 -15 cm.

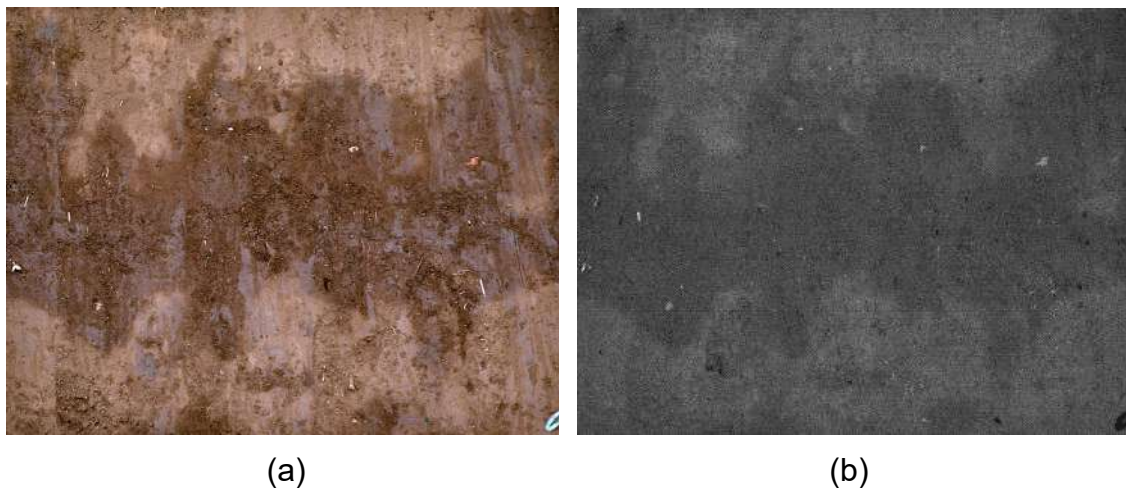


Foto 7 a y b. Foto original y procesada correspondiente a LC 10 -15 cm

En SD a los 15-20 cm de profundidad también se observó la presencia de macroporos coloreados indicando zonas de flujos preferenciales en el perfil. Así mismo se observó la presencia de 26 macroporos sin colorear (Foto 8 a y b). En LC, no se observó suelo coloreado (Foto 9 a y b).

1 cm = 13.7 cm

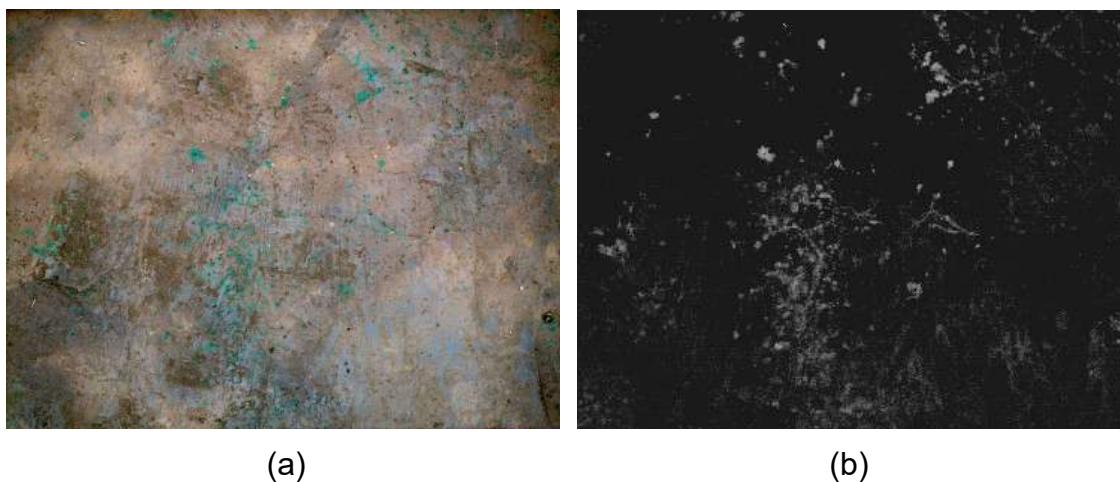


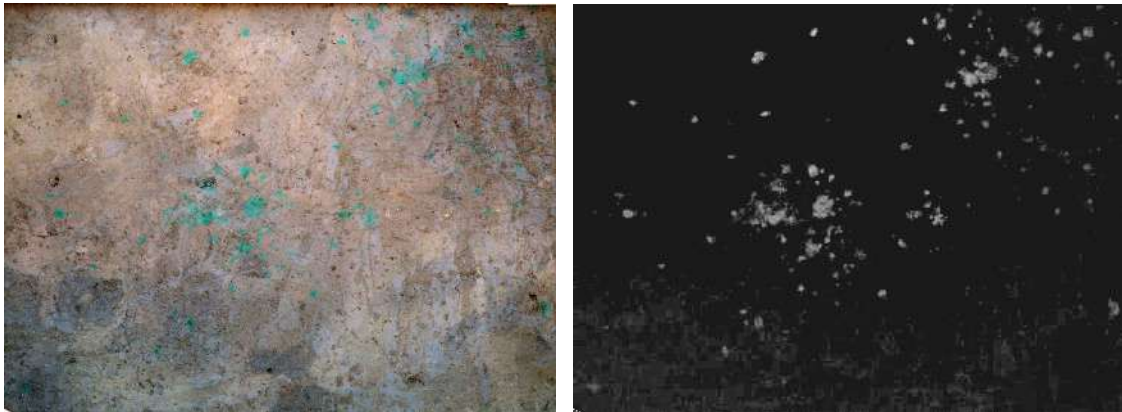
Foto 8 a y b. Foto original y procesada correspondiente a SD 15-20 cm



Foto 9 a y b. Foto original y procesada correspondiente a LC 15 – 20 cm

En SD a 20-25 cm aún se observaron áreas coloreadas y también 21 macroporos sin colorear. Esto podría atribuirse por un lado a la ausencia de remoción del suelo, y por ende a la perduración de los canales abiertos por raíces y macro y mesofauna edáfica (Foto 10 a y b). En SD las condiciones de humedad edáfica son favorables para la actividad de la fauna edáfica (gusanos de suelo, gorgojos, lombrices, etc) (Hangen *et al.* 2002). Según los datos registrados por Bono *et al.* (2002) en ese mismo sitio de ensayo, la SD presentó mayor contenido de humedad durante el período comprendido desde el 2000 hasta el 2003. Diversas especies de la macro y mesofauna edáfica tienen la posibilidad de explorar el perfil abriendo canales. En la siguiente capa analizada, a los 40 cm de profundidad, no se observaron áreas coloreadas.

1 cm = 13.7 cm



(a)

(b)

Foto 10 a y b. Foto original y procesada correspondiente a SD 20 – 25 cm

En los cortes verticales se aprecia la condición de estructura del suelo y la redistribución del agua y *Brilliant blue* en cada una de las labranzas. En SD el suelo presentaba una mejor estructura mientras que en LC el perfil de remoción se encontraba desagregado. (Foto 11 a y b). Estas condiciones fueron prevaletentes en el transporte del agua y solutos.



Foto 11 a (SD) y b (LC). Corte vertical del perfil bajo SD y LC.

La proporción de macroporos en SD fue subestimada al aplicar la técnica de la mesa de tensión al ser comparada con los resultados obtenidos con la técnica del *Brilliant blue* y el recuento visual de macroporos en los niveles inferiores. Esto podría estar atribuido a diversas causas. Los cilindros utilizados en la mesa de tensión poseen una dimensión pequeña lo que puede generar datos poco precisos. Por otro lado, es sabido que las mediciones de variables edáficas concernientes a la física de los suelos son sumamente sensibles a las condiciones del suelo y la muestra obtenida. En relación a esto, cuando se realizó el muestreo el suelo estaba sumamente seco impidiendo obtener una buena calidad de la muestra.

4. CUANTIFICACIÓN DE LOMBRICES

La totalidad de lombrices correspondiente al mes de junio de 2005 fue de 15 y 3 individuos en SD y LC por volumen de suelo muestreado, respectivamente (Anexo tabla III). En el muestreo de febrero de 2006 bajo SD se encontraron sólo 2 lombrices por volumen de suelo muestreado y en LC el resultado de la cuantificación fue nulo (anexo tabla IV).

Cabe resaltar que, las lombrices están influenciadas por las condiciones del medioambiente edáfico (MO, tipo de suelo, profundidad del suelo, etc.). Por otro lado, el clima, principalmente temperatura y precipitaciones, afectan el medioambiente edáfico y el recurso alimenticio (biomasa vegetal) de las

lombrices, pudiendo ocasionar que las lombrices migren y no establezcan poblaciones (USDA, 2001). Es decir que la distribución espacial y temporal de las poblaciones de lombrices ocurre sobre la base de factores bióticos y abióticos, tales como recursos disponibles, tipo de suelo, temperatura y regímenes de humedad (Edwards *et al.* 1996).

Las precipitaciones ocurridas en los meses previos a los muestreos fueron escasas. La precipitación media para el año 2005 fue de 543.5 mm, siendo menor que la precipitación media histórica para la zona de Anguil cuyo valor es de 665.2 mm (Tabla 4). Esta es una de las causas atribuidas a la baja densidad poblacional hallada durante los muestreos. Por otro lado, si bien el factor humedad edáfica fue sumamente limitante, otra posible causa de la casi nula presencia de lombrices podría deberse a su patrón de distribución espacial agregada.

Tabla 4. Precipitaciones registradas durante el período de estudio en la zona de anguil.

Años	Meses (mm)												Total
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
2005	147.5	23.1	106.7	0.7	16.7	18.2	9.0	27.7	62.3	40.8	23.8	67.0	543.5
2006	99.2	87.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Las celdas sombreadas corresponden al mes de realización de los muestreos.

CONCLUSIONES

Si bien la SD presentó una menor porosidad total, favoreció el movimiento del agua y transporte de los solutos en el perfil del suelo comparado con LC. Esto se debió al mayor contenido de humedad y a la presencia de macroporos continuos según lo demostró la técnica del *Brilliant blue*. Las escasas precipitaciones registradas durante el período de estudio provocaron una baja presencia de lombrices.

BIBLIOGRAFÍA

- Aeby P, J Forrer, C Steinmeier, H Flühler. (1997). Image analysis for determination of dye tracer concentration in sand columns. *Soil Science Society of America Journal*. 61: 33-55.
- Alvarez C, L Goicohea, C Gai, D Funaro, A Quiroga. (2003). Distribución temporal de lombrices, su relación con la granulometría y el manejo de los suelos. IV Reunión Nacional Científico Técnica de Biología de suelos. IV encuentro de fijación biológica de nitrógeno. Complejo Cultural General San Martín. Las Termas de Río Hondo. Santiago del Estero, Argentina. 02 al 04 de Julio de 2003. Pp
- Bear. (1988). *Dynamics of fluids in porous media*. Dover Pubns. 764 pp.
- Beven K, P Germann. (1982). Macropores and water flow in soils. *Water Resources Reserch*. 18: 1311-1325.
- Bono A, R Alvarez, D Buschiazzo. (2002). Balance de Carbono bajo distintos sistemas de labranza en la Región Semiárida Pampeana Central. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Puerto Madryn, Chubut, abril de 2002. Resúmenes 76 pp.
- Bordovsky DG, M Choudhary, CJ Gerard. (1999). Effect of tillage, cropping, and residue management on soil properties in the Texas Rolling Plains. *Soil Science*. 164: 331-340.
- Bouché MB. (1977). Strategies lombriciennes. In: Lohm, U., Perrsson, T. (Eds) *Soil organisms as components of Ecosystems*. *Biol. Bull. (Stockholm)*. 25: 122-132.
- Daniel PE, F Bedmar, JL Costa, VC Aparicio. (2002). Atrazina and metribuzin sorption in soils of Argentinean humid pampas. *Environmental Toxicology & Chemistry* 21: 2567-2572.
- Dick WA, RJ Roseberg, EL McCoy, WM Edwards, F Haghari. (1989). Surface hydrologic response of soils to no-tillage. *Soil Science Society American Journal*. 53: 1520-1526.
- Edwards CA, PJ Bohlen. (1996). *Biology and Ecology of Earthworms*, third edition. Chapman and Hall, London, 426 pp.

- Edwards WM, MJ Shipitalo, LD Norton.(1988). Contribution of macroporosity to infiltration into a continuous corn no-tilled watershed: Implications for contaminant movement. *Journal Contaminant Hydrology*. 3:192-205.
- Edwards WM. (1982). Predicting tillage effects on infiltration. In: Unger, P.W., Van Doren, D.M., Whisler, F.D., Skidmore, E.L. (Eds.), *Predicting Tillage Effects on Soil Physical Properties*, ASA Spetial Publication No. 44, ASA, SSSA, Madison, USA, pp. 105-115.
- EEA Anguil. (2006). Precipitaciones 1921-2005. Observatorio Agrometeorológico. EEA Anguil. INTA.
- Eijkelkamp. (2004). Agrisearch Equipment. <http://www.eijkelkamp.com/> Sandbox and pressure membrane apparatus for soil moisture characteristics determination. Brochure nº 08.01-08.02-08.03. Nijverheidsstraat 30. 6987 EM Giesbeek, Nederland.
- Funari E, L Donati, D Sandroni, M Vighi. (1995). Pesticide levels in groundwater: Value and limitations of monitoring. Chapter 1:3-44. In: *Pesticide risk in groundwater*. (Eds) Vighi M, Funari E. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA, 275 pp.
- Garnero G, A Quiroga. (2003). Caracterización de ambientes para el cultivo de soja y la influencia de la napa de agua. En: *Cultivos de cosecha gruesa. Actualización 2003*. 230-235. Boletín de divulgación Técnica Nº 77. EEA Anguil. Ediciones INTA.
- Hangen E, U Buczko, O Bens, J Brunotte; RF Hüttl. (2002). Infiltration patterns into two soils under conventional and conservation tillage: influence of the spatial distribution of plant root structures and soil animal activity. *Soil and Tillage Reserearch* 63:181-186
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Provincia de La Pampa, Universidad Nacional de La Pampa. 2004. *Inventario Integrado de los Recursos Naturales de La Provincia de La Pampa*. Clima, Geomorfología, Suelo y Vegetación. 2ª Edición. Buenos Aires. 490 pp.
- Koorevaar P, G. Menelik and C. Dirksen. (1983). *Elements of soil physics*. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Agricultural University of

Wageningen, Wageningen, The Netherlands. ELSEVIER- Amsterdam - Oxford - New York - Tokyo 1983. pág. 7

- Kung KJS, (1990). Preferential flow in a sandy vadose zone : 1. Field observation. *Geoderma* 46: 51-58.
- Lin HS, KJ Mcinnes. (1995). Water flow in clay soil beneath a disc tension infiltrometer. *Soil Science*. 159: 375-382.
- Locke MA, ChT Bryson. (1997) Herbicide-soil interaction in reduced tillage and plant residue management systems. Review Article. *Weed Science* 45: 307-320.
- Luxmoore RJ. (1981). Micro, meso, and macroporosity of soil. *Soil Science Society American Journal*. 45: 671-672.
- Montoya JC, F Bedmar, P Daniel, JL Costa. (2003). Sorption of atrazine and three of its degradation products in different soils and tillage systems. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Groundwater Risk. Assesment at Contaminated Sites and Integrated Soil and Water Protection*. 253-257.
- Montoya JC, JF Babinec, NM Rodríguez, J Pérez Fernández, A Bono. (1999). Uso de agroquímicos en la provincia de La Pampa. *Boletín de Divulgación Técnica* N° 66. EEA Anguil, INTA. 16 pp.
- Montoya JC, JL Costa, F Bedmar, PE Daniel. 2004. Efecto del tipo de suelo y sistemas de labranzas sobre el transporte de atrazina en columnas intactas de suelo. *ACTAS DEL XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. 22 al 25 de junio 2004. Paraná, Entre Ríos 387 pp.
- Quiroga A, M Monsalvo. (1989). Influencia de la Siembra Directa sobre algunas propiedades físicas de un suelo Haplustol éntico. EEA Anguil, INTA. *Carpeta Técnica*. pp. 52 – 56.
- Quiroga A, O Ormeño, H Otamendi. (1998). La siembra directa y el rendimiento de los cultivos en la región semiárida pampeana. En *manual de Siembra Directa*, INTA, ed. Hemisferio Sur: 57-64 pp.
- Quiroga AR, DE Buschiazzo, N Peinemann. (1996) Soil organic matter particle size fractions in soils of the semiarid Argentinian pampas. *Soil Science* 161: 104-108.

- Quiroga AR, O Ormeño, D Fernandez, H Otamendi, A Vallejo. (1999). Verdeos de Invierno: Necesidad de reconocer y manejar limitantes de su productividad en suelos de la región semiárida pampeana. Boletín de Divulgación Técnica N° 61. EEA Anguil, INTA. 22 pp.
- SAS Institute Inc. (1999) User's guide. Statistics. Version 8 (TS M0). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Shipitalo MJ, WA Dick, WM Edwards. (2000). Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals. Soil & Tillage Research. 53: 167-183.
- Triegel EK, L Guo. (1994). Overview of the fate of pesticides in the environment, water balance; Runoff vs. Leaching. En Mechanisms of Pesticides into Ground Water (eds.) R.C. Honeycutt and D.J. Schabacker, CRC Press, Inc. Corporated Blvd., N.W., Boca Raton, Fl. pp: 1-13.
- USDA (2001). Agricultural Management Effects on Earthworm populations. Soil Quality. Technical note N° 11.
- Wahl NA, O Bens, U Buczko, E Hangen, RF Hüttl. (2004). Effects of conventional and conservation tillage on soil hydraulic properties of a silty-loamy soil. Physics and Chemistry of the earth 29: 821-829.
- Walkley A, AI Black. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37: 29-37.

ANEXO Datos

Tabla I: Datos de distribución de tamaño de poros para cada uno de los sistemas de labranzas.

Labranza	Prof (cm)	Rep	Macro	Meso	Micro	Total	Prof (cm)	Macro	Meso	Micro
LC	10	1	3,02	9,28	40,2	52,5	0-10	5,7	7,9	41,8
LC	10	2	4,68	5,82	42,13	52,63				
LC	10	3	5,49	8,25	44,1	57,84				
LC	10	4	3,56	6,52	44,13	54,21				
LC	10	5	5,85	10,72	42,45	59,02				
LC	10	6	7,94	6,79	40,41	55,14				
LC	10	7	9,17	7,7	38,98	55,85				
LC	20	1	7,58	12,67	38,39	58,64	10-20	5,4	8,4	42,4
LC	20	2	5,12	5,39	44,6	55,11				
LC	20	3	4,63	8,55	45,02	58,2				
LC	20	4	3,71	5,72	45,64	55,07				
LC	20	5	3,07	9,07	42,41	54,55				
LC	20	6	4,33	9,47	40,81	54,61				
LC	20	7	9,18	7,79	40,03	57				
LC	30	1	3,24	6,1	44,55	53,89	20-30	4,5	8,5	41,6
LC	30	2	1,72	7,32	43,6	52,64				
LC	30	3	2,11	6,12	45,63	53,86				
LC	30	4	3,95	11,68	41,54	57,17				
LC	30	5	7,75	10,97	39,03	57,75				
LC	30	6	7,83	4,95	37,39	50,17				
LC	30	7	4,82	12,66	39,53	57,01				
LC	40	1	2,9	8,07	43,03	54	30-40	3,2	7,6	42,9
LC	40	2	1,52	3,64	41,04	46,2				
LC	40	3	1,75	6,22	44,61	52,58				
LC	40	4	2,96	7,99	43,18	54,13				
LC	40	5	2,05	10,62	42,39	55,06				
LC	40	6	3,8	8,89	43,36	56,05				
LC	40	7	7,73	7,85	42,34	57,92				
SD	10	1	3,98	12,44	37,04	53,46	0-10	3,9	10,3	40,0
SD	10	2	1,47	10,77	37,18	49,42				
SD	10	3	0,38	15,11	37,24	52,73				
SD	10	4	5,36	5,97	44,68	56,01				
SD	10	5	5,48	9,12	40,97	55,57				
SD	10	6	5,55	9,38	41,39	56,32				
SD	10	7	4,87	9,15	41,2	55,22				
SD	20	1	3,08	7,13	34,74	44,95	10-20	7,4	6,8	39,9
SD	20	2	10,53	4,83	35,36	50,72				
SD	20	3	7,23	7,61	39,84	54,68				
SD	20	4	12,91	9,36	43,25	65,52				
SD	20	5	5,76	6,7	42,24	54,7				
SD	20	6	6,19	5,71	43,16	55,06				
SD	20	7	6,45	6,3	40,5	53,25				
SD	30	1	1,87	4,49	37,31	43,67	20-30	4,4	6,1	40,8
SD	30	2	3,34	5,66	35,02	44,02				
SD	30	3	4,47	5,89	41,54	51,9				
SD	30	4	3,68	7,55	42,71	53,94				

SD	30	5	4,73	5,74	44,09	54,56				
SD	30	6	4,43	6,9	42,53	53,86				
SD	30	7	8,15	6,29	42,16	56,6				
SD	40	1	2,37	6,53	35,73	44,63	30-40	3,6	6,2	40,6
SD	40	2	0	4,75	37,73	42,48				
SD	40	3	2,34	6,43	43,1	51,87				
SD	40	4	3,9	6,25	43,83	53,98				
SD	40	5	5,13	7,45	41,23	53,81				
SD	40	6	6,55	6,45	41,05	54,05				
SD	40	7	5,09	5,69	41,41	52,19				

Tabla II: Datos de concentración de bromuro hallados en los distintos niveles de profundidad bajo ambos sistemas de labranzas.

Lab	Prof	Rep	Br (ppm)	Lab	Prof (cm)	Rep	Br (ppm)
LC	5	1	1143,41	SD	5	1	578,3
LC	5	2	1106,87	SD	5	2	550,4
LC	10	1	653,02	SD	10	1	386,0
LC	10	2	378,67	SD	10	2	564,2
LC	15	1	371,51	SD	15	1	268,6
LC	15	2	147,57	SD	15	2	564,2
LC	20	1	15,96	SD	20	1	391,6
LC	20	2	18,80	SD	20	2	251,6
LC	25	1	.	SD	25	1	85,8
LC	25	2	.	SD	25	2	315,8
LC	40	1	.	SD	40	1	341,1
LC	40	2	.	SD	40	2	230,1

Tabla III: Datos de cuantificación de lombrices bajo LC y SD correspondientes a la primera fecha de muestreo.

Nº Muestra	Peso muestra (g)	Nº Lombrices	Nº Muestra	Peso muestra (g)	Nº Lombrices
LC 1	5768,5	0	SD 1	5980,5	4
LC 2	5453,5	1	SD 2	5769,5	0
LC 3	5605,5	0	SD 3	6133,5	1
LC 4	5947	0	SD 4	6208,5	0
LC 5	5342,5	0	SD 5	5579	0
LC 6	5918	0	SD 6	6581	1
LC 7	5163	0	SD 7	5972,5	1
LC 8	5280	0	SD 8	6916	0
LC 9	5125	0	SD 9	6182,5	1
LC 10		1	SD 10	5902,2	0
LC 11	5922,5	1	SD 11	5572	1
LC 12	5102,5	0	SD 12	6643,5	3
LC 13	4249	0	SD 13	6172	0
LC 14	5367,5	0	SD 14	6486,5	2
LC 15	5682,5	0	SD 15	5992,5	1
LC 16	4909	0	SD 16	6259	0

Tabla IV: Datos de cuantificación de lombrices bajo LC y SD correspondientes a la segunda fecha de muestreo.

Nº Muestra	Peso muestra (g)	Nº Lombrices	Nº Muestra	Peso muestra (g)	Nº Lombrices
LC 1.1	4037	0	SD 1.1	6470,5	0
LC 1.2	4937,5	0	SD 1.2	5016	0
LC 1.3	5818,5	0	SD 1.3	5455	0
LC 1.4	5647,5	0	SD 1.4	7545	0
LC 2.1	5450	0	SD 2.1	6962	0
LC 2.2	5579	0	SD 2.2	5273	1
LC 2.3	5576	0	SD 2.3	4682,5	0
LC 2.4	3005	0	SD 2.4	4592,5	0
LC 3.1	7737,5	0	SD 3.1	7232	0
LC 3.2	5632	0	SD 3.2	5495,5	0
LC 3.3	6594	0	SD 3.3	5107	0
LC 3.4	6373,5	0	SD 3.4	5137,5	0
LC 4.1	7490	0	SD 4.1	4313	0
LC 4.2	7119	0	SD 4.2	3575	0
LC 4.3	7032	0	SD 4.3	5762	0
LC 4.4	6072,5	0	SD 4.4	5561	0
LC 5.1	7523	0	SD 5.1	7564	0
LC 5.2	4647	0	SD 5.2	6187	0
LC 5.3	5736	0	SD 5.3	5137,5	0
LC 5.4	6903,5	0	SD 5.4	4080,5	0
LC 6.1	6428	0	SD 6.1	6365	0
LC 6.2	6924	0	SD 6.2	6241	0
LC 6.3	6211,5	0	SD 6.3	5111	0
LC 6.4	5854,5	0	SD 6.4	4591	0

LC 7.1	7473,5	0	SD 7.1	6341,5	0
LC 7.2	6147	0	SD 7.2	4067,5	0
LC 7.3	5310	0	SD 7.3	4406,5	0
LC 7.4	4910,5	0	SD 7.4	5261	0
LC 8.1		0	SD 8.1	7523,5	0
LC 8.2	7144	0	SD 8.2	5739,5	0
LC 8.3	5105	0	SD 8.3	3134,5	0
LC 8.4	5330,5	0	SD 8.4	6505,5	0
LC 8.7	6631,5	0	SD 9.1	4000	0
LC 9.1	3423,5	0	SD 9.2	2593	0
LC 9.2	4825,5	0	SD 9.3	5542	0
LC 9.3	4756,5	0	SD 9.4	4990,5	0
LC 9.4	7137	0	SD 10.1	4357	0
LC 10.1		0	SD 10.2	4667	0
LC 10.2	6802	0	SD 10.3	4817,5	0
LC 10.3	5926	0	SD 10.4	3461,5	0
LC 10.4	6248,5	0	SD 11.1	7014	0
LC 11.1	7895	0	SD 11.2	5284	0
LC 11.2	6804	0	SD 11.3	3569	0
LC 11.3	6838,5	0	SD 11.4	5632	0
LC 11.4	5235	0	SD 12.1	5449,5	0
LC 12.1	7126	0	SD 12.2	6340,5	0
LC 12.2	4413,5	0	SD 12.3	4687	1
LC 12.3	4000	0	SD 12.4	4786,5537	0
LC 12.4	5834,5	0	SD 13.1	2916,5	0
LC 13.1	8045,5	0	SD 13.2	4279	0
LC 13.2	5329	0	SD 13.3	2214	0
LC 13.3	6631,5	0	SD 13.4	4733,5	0
LC 13.4	7225	0	SD 14.1	6114	0
LC 14.1	6569	0	SD 14.2	3407	0
LC 14.2	8063	0	SD 14.3	4668,5	0
LC 14.3	5416,5	0	SD 14.4	5076,5	0
LC 14.4	4487	0	SD 15.1	5400,5	0
LC 15.1	6098	0	SD 15.2	3720	0
LC 15.2	6761	0	SD 15.3	5259	0
LC 15.3	6958,5	0	SD 15.4	3278,5	0
LC 15.4	7491,5	0	SD 16.1	4304,5	0
LC 16.1	7063,5	0	SD 16.2	4207	0
LC 16.2	6442,5	0	SD 16.3	5150	0
LC 16.3	7711,5	0	SD 16.3	4141	0
LC 16.4	6369,5	0	SD 1.3	5455	0

Tabla V: Datos de porosidad total correspondientes a los distintos niveles, bajo LC y SD.

Lab	Prof	rep	Porosidad
SD	5	1	0,467
SD	5	2	0,525
SD	5	3	0,508
SD	5	4	0,535
SD	10	1	0,498
SD	10	2	0,493
SD	10	3	0,525
SD	10	4	0,496
SD	15	1	0,485
SD	15	2	0,526
SD	15	3	0,530
SD	15	4	0,545
SD	20	1	0,580
SD	20	2	0,579
SD	20	3	0,600
SD	20	4	0,589
SD	25	1	0,587
SD	25	2	0,556
SD	25	3	0,621
SD	25	4	0,582
SD	40	1	0,573
SD	40	2	0,557
SD	40	3	0,582
SD	40	4	0,590
LC	5	1	0,536
LC	5	2	0,541
LC	5	3	0,597
LC	5	4	0,557
LC	10	1	0,532
LC	10	2	0,555
LC	10	3	0,573
LC	10	4	0,544
LC	15	3	0,547
LC	15	4	0,597
LC	20	3	0,580
LC	20	4	0,591
LC	25	3	0,613
LC	25	4	0,602
LC	40	3	0,597
LC	40	4	0,602

ANEXO Análisis Estadísticos

1. Análisis Estadístico de Porosidad Total del suelo bajo LC y SD.

2005 1 The SAS System 12:57 Friday, May 27,

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Lab	2	LC SD
Prof	6	5 10 15 20 25 40
rep	4	1 2 3 4

Number of observations 48

NOTE: All dependent variables are consistent with respect to the presence or absence of missing values. However only 40 observations can be used in this analysis.

2005 2 The SAS System 12:57 Friday, May 27,

The GLM Procedure

Dependent Variable: Por

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.04539677	0.00412698	8.92	<.0001
Error	28	0.01294800	0.00046243		
Corrected Total	39	0.05834478			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Por Mean
0.778078	3.858458	0.021504	0.557325

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Lab	1	0.00912025	0.00912025	19.72	0.0001
Prof	5	0.03027049	0.00605410	13.09	<.0001
Lab*Prof	5	0.00324357	0.00064871	1.40	0.2536

2005 4 The SAS System 12:57 Friday, May 27,

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for Por

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	28
Error Mean Square	0.000462
Harmonic Mean of Cell Sizes	19.2

NOTE: Cell sizes are not equal.

Number of Means	2
Critical Range	.01422

Means with the same letter are not significantly different.

2005 7

Duncan Grouping	Mean	N	Lab
A	0.572750	16	LC
B	0.547042	24	SD

The SAS System 12:57 Friday, May 27,

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for Por

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 28
 Error Mean Square 0.000462
 Harmonic Mean of Cell Sizes 6.545455

NOTE: Cell sizes are not equal.

Number of Means	2	3	4	5	6
Critical Range	.02435	.02558	.02638	.02695	.02738

Means with the same letter are not significantly different.

2005 10

Duncan Grouping	Mean	N	Prof
A	0.59350	6	25
A			
A	0.58650	6	20
A			
A	0.58350	6	40
B	0.53833	6	15
B			
B	0.53325	8	5
B			
B	0.52700	8	10

The SAS System 12:57 Friday, May 27,

The GLM Procedure

Dependent Variable: Por

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SD5 v LC5	1	0.00460800	0.00460800	9.96	0.0038
SD10 v LC10	1	0.00340033	0.00340033	7.35	0.0113
SD15 v LC15	1	0.00000300	0.00000300	0.01	0.9364
SD20 v LC20	1	0.00058800	0.00058800	1.27	0.2690
SD25 v LC25	1	0.00076800	0.00076800	1.66	0.2080
SD5 v SD10	1	0.00058800	0.00058800	1.27	0.2690
SD10 v SD15	1	0.00018225	0.00018225	0.39	0.5352
SD15 v SD20	1	0.00048400	0.00048400	1.05	0.3150
SD20 v SD25	1	0.00006400	0.00006400	0.14	0.7127
SD25 v SD40	1	0.00232408	0.00232408	5.03	0.0331
LC5 v LC10	1	0.00068450	0.00068450	1.48	0.2339
LC10 v LC15	1	0.00858050	0.00858050	18.56	0.0002
LC15 v LC20	1	0.00000050	0.00000050	0.00	0.9740
LC20 v LC25	1	0.00024200	0.00024200	0.52	0.4754
LC25 v LC40	1	0.00891113	0.00891113	19.27	0.0001

2. Análisis Estadístico de la concentración de bromuro en los distintos niveles bajo LC y SD.

2005 12 The SAS System 11:07 Saturday, May 28,

The GLM Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
Lab	2	LC SD
Prof	6	5 10 15 20 25 40
rep	2	1 2

Number of observations 24

NOTE: Due to missing values, only 20 observations can be used in this analysis.

2005 13 The SAS System 11:07 Saturday, May 28,

The GLM Procedure

Dependent Variable: Br

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	1587812.248	176423.583	10.64	0.0005
Error	10	165747.147	16574.715		
Corrected Total	19	1753559.395			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Br Mean
0.905480	30.78679	128.7428	418.1755

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Lab	1	4931.902	4931.902	0.30	0.5974
Prof	5	1109339.944	221867.989	13.39	0.0004
Lab*Prof	3	428368.545	142789.515	8.61	0.0040

2005 14 The SAS System 11:07 Saturday, May 28,

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for Br

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	16574.71
Harmonic Mean of Cell Sizes	9.6

NOTE: Cell sizes are not equal.

Number of Means	2
Critical Range	130.9

Means with the same letter are not significantly different.

2005 15

Duncan Grouping	Mean	N	Lab
A	479.48	8	LC
A			
A	377.31	12	SD

The SAS System 11:07 Saturday, May 28,

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for Br

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 10
 Error Mean Square 16574.71
 Harmonic Mean of Cell Sizes 3

NOTE: Cell sizes are not equal.

Number of Means	2	3	4	5	6
Critical Range	234.2	244.8	251.0	254.9	257.6

Means with the same letter are not significantly different.

2005 16

Duncan Grouping	Mean	N	Prof
A	844.7	4	5
B	495.5	4	10
B			
C B	338.0	4	15
C B			
C B	285.6	2	40
C			
C	200.8	2	25
C			
C	169.5	4	20

The SAS System 11:07 Saturday, May 28,

The GLM Procedure
 Least Squares Means

Lab	Prof	Br LSMEAN
LC	5	1125.14000
LC	10	515.84500
LC	15	259.54000
LC	20	17.38000
SD	5	564.35000
SD	10	475.10000
SD	15	416.40000
SD	20	321.60000
SD	25	200.80000
SD	40	285.60000

The SAS System 11:07 Saturday, May 28, 2005 17

The GLM Procedure
 Least Squares Means

Lab*Prof Effect Sliced by Lab for Br

Lab	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
LC	3	1360219	453406	27.36	<.0001
SD	5	177490	35498	2.14	0.1430

The GLM Procedure
Least Squares Means

Lab	Prof	Br LSMEAN
LC	5	1125.14000
LC	10	515.84500
LC	15	259.54000
LC	20	17.38000
SD	5	564.35000
SD	10	475.10000
SD	15	416.40000
SD	20	321.60000
SD	25	200.80000
SD	40	285.60000

The SAS System

11:07 Saturday, May 28, 2005 19

The GLM Procedure
Least Squares Means

Lab*Prof Effect Sliced by Prof for Br

Prof	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
5	1	314485	314485	18.97	0.0014
10	1	1660.155025	1660.155025	0.10	0.7581
15	1	24605	24605	1.48	0.2510
20	1	92550	92550	5.58	0.0397
25	0	0	.	.	.
40	0	0	.	.	.

3. Análisis Estadístico de distribución de tamaños de poros (macro, meso y microporos).

The SAS System 1
11:24 Wednesday, March 21, 2007

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
lab	2	LC SD
prof	4	10 20 30 40
rep	7	1 2 3 4 5 6 7

Number of observations 56
The SAS System 2
11:24 Wednesday, March 21, 2007

The GLM Procedure

Dependent Variable: macro

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	91.2782268	13.0397467	2.36	0.0374
Error	48	265.5062286	5.5313798		
Corrected Total	55	356.7844554			

R-Square Coeff Var Root MSE macro Mean
 0.255836 49.37423 2.351889 4.763393

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
lab	1	0.26194464	0.26194464	0.05	0.8287
prof	3	64.27274821	21.42424940	3.87	0.0147
lab*prof	3	26.74353393	8.91451131	1.61	0.1990

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
lab	1	0.26194464	0.26194464	0.05	0.8287
prof	3	64.27274821	21.42424940	3.87	0.0147
lab*prof	3	26.74353393	8.91451131	1.61	0.1990

The SAS System 3
 11:24 Wednesday, March 21, 2007

The GLM Procedure

Dependent Variable: meso

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	94.3284125	13.4754875	3.02	0.0104
Error	48	214.4392857	4.4674851		
Corrected Total	55	308.7676982			

R-Square Coeff Var Root MSE meso Mean
 0.305500 27.36929 2.113643 7.722679

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
lab	1	8.00301607	8.00301607	1.79	0.1871
prof	3	37.25903393	12.41967798	2.78	0.0511
lab*prof	3	49.06636250	16.35545417	3.66	0.0186

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
lab	1	8.00301607	8.00301607	1.79	0.1871
prof	3	37.25903393	12.41967798	2.78	0.0511
lab*prof	3	49.06636250	16.35545417	3.66	0.0186

The SAS System 4
 11:24 Wednesday, March 21, 2007

The GLM Procedure

Dependent Variable: micro

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	59.9798839	8.5685548	1.09	0.3817
Error	48	375.7089143	7.8272690		
Corrected Total	55	435.6887982			

R-Square Coeff Var Root MSE micro Mean
 0.137667 6.786037 2.797726 41.22768

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
lab	1	48.82578750	48.82578750	6.24	0.0160

prof	3	5.31766250	1.77255417	0.23	0.8775
lab*prof	3	5.83643393	1.94547798	0.25	0.8620

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
lab	1	48.82578750	48.82578750	6.24	0.0160
prof	3	5.31766250	1.77255417	0.23	0.8775
lab*prof	3	5.83643393	1.94547798	0.25	0.8620

The SAS System 5
11:24 Wednesday, March 21, 2007

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for macro

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	48
Error Mean Square	5.53138

Number of Means	2
Critical Range	1.264

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	lab
A	4.8318	28	SD
A	4.6950	28	LC

The SAS System 6
11:24 Wednesday, March 21, 2007

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for meso

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	48
Error Mean Square	4.467485

Number of Means	2
Critical Range	1.136

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	lab
A	8.1007	28	LC
A	7.3446	28	SD

The SAS System 7
11:24 Wednesday, March 21, 2007

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for micro

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
-------	------

Error Degrees of Freedom 48
 Error Mean Square 7.827269

Number of Means 2
 Critical Range 1.503

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	lab
A	42.1614	28	LC
B	40.2939	28	SD

The SAS System 8
 11:24 Wednesday, March 21, 2007

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for macro

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 48
 Error Mean Square 5.53138

Number of Means 2 3 4
 Critical Range 1.787 1.880 1.940

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	prof
A	6.4121	14	20
A			
B A	4.7714	14	10
B			
B	4.4350	14	30
B			
B	3.4350	14	40

The SAS System 9
 11:24 Wednesday, March 21, 2007

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for meso

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 48
 Error Mean Square 4.467485

Number of Means 2 3 4
 Critical Range 1.606 1.689 1.744

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	prof
A	9.0729	14	10
A			
B A	7.5929	14	20
B			

B	7.3086	14	30
	B		
B	6.9164	14	40

The SAS System 10
11:24 Wednesday, March 21, 2007

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for micro

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	48
Error Mean Square	7.827269

Number of Means	2	3	4
Critical Range	2.126	2.236	2.308

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	prof
A	41.716	14	40
	A		
A	41.188	14	30
	A		
A	41.142	14	20
	A		
A	40.864	14	10

The SAS System 11
11:24 Wednesday, March 21, 2007

The GLM Procedure
Least Squares Means

lab	prof	macro LSMEAN	meso LSMEAN	micro LSMEAN
LC	10	5.67285714	7.8685714	41.7714286
LC	20	5.37428571	8.3800000	42.4142857
LC	30	4.48857143	8.5428571	41.6100000
LC	40	3.24428571	7.6114286	42.8500000
SD	10	3.87000000	10.2771429	39.9571429
SD	20	7.45000000	6.8057143	39.8700000
SD	30	4.38142857	6.0742857	40.7657143
SD	40	3.62571429	6.2214286	40.5828571

The SAS System 12
11:24 Wednesday, March 21, 2007

The GLM Procedure
Least Squares Means

lab*prof Effect Sliced by lab for macro

lab	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
LC	3	24.953729	8.317910	1.50	0.2255
SD	3	66.062554	22.020851	3.98	0.0130

The SAS System 13
11:24 Wednesday, March 21, 2007

The GLM Procedure
Least Squares Means

lab*prof Effect Sliced by lab for meso

lab	DF	Squares	Sum of Mean Square	F Value	Pr > F
LC	3	3.967471	1.322490	0.30	0.8281
SD	3	82.357925	27.452642	6.14	0.0013
The SAS System				14	
11:24 Wednesday, March 21, 2007					

The GLM Procedure
Least Squares Means

lab*prof Effect Sliced by lab for micro

lab	DF	Squares	Sum of Mean Square	F Value	Pr > F
LC	3	6.959686	2.319895	0.30	0.8278
SD	3	4.194411	1.398137	0.18	0.9104
The SAS System				15	
11:24 Wednesday, March 21, 2007					

The GLM Procedure
Least Squares Means

lab	prof	macro LSMEAN	meso LSMEAN	micro LSMEAN
LC	10	5.67285714	7.8685714	41.7714286
LC	20	5.37428571	8.3800000	42.4142857
LC	30	4.48857143	8.5428571	41.6100000
LC	40	3.24428571	7.6114286	42.8500000
SD	10	3.87000000	10.2771429	39.9571429
SD	20	7.45000000	6.8057143	39.8700000
SD	30	4.38142857	6.0742857	40.7657143
SD	40	3.62571429	6.2214286	40.5828571
The SAS System				16
11:24 Wednesday, March 21, 2007				

The GLM Procedure
Least Squares Means

lab*prof Effect Sliced by prof for macro

prof	DF	Squares	Sum of Mean Square	F Value	Pr > F
10	1	11.376029	11.376029	2.06	0.1580
20	1	15.080064	15.080064	2.73	0.1052
30	1	0.040179	0.040179	0.01	0.9324
40	1	0.509207	0.509207	0.09	0.7629
The SAS System				17	
11:24 Wednesday, March 21, 2007					

The GLM Procedure
Least Squares Means

lab*prof Effect Sliced by prof for meso

prof	DF	Squares	Sum of Mean Square	F Value	Pr > F
10	1	20.304257	20.304257	4.54	0.0382
20	1	8.674314	8.674314	1.94	0.1699
30	1	21.328457	21.328457	4.77	0.0338
40	1	6.762350	6.762350	1.51	0.2246
The SAS System				18	
11:24 Wednesday, March 21, 2007					

The GLM Procedure
Least Squares Means

lab*prof Effect Sliced by prof for micro

prof	DF	Squares	Sum of Mean Square	F Value	Pr > F
10	1	11.520714	11.520714	1.47	0.2310
20	1	22.656864	22.656864	2.89	0.0953
30	1	2.494864	2.494864	0.32	0.5750
40	1	17.989779	17.989779	2.30	0.1361