

## COMPARACION DE DOS METODOS PARA DETERMINAR LA DISTRIBUCION DE LA POROSIDAD EDAFICA EN DOS SISTEMAS DE LABRANZA

MC SASAL; AE ANDRIULO

EEA INTA Pergamino. CC 31 (2700) Pergamino. e-mail: csasal@pergamino.inta.gov.ar

Recibido 16 de abril de 2003, aceptado 15 de agosto de 2003

### COMPARISON OF TWO METHODS TO DETERMINE SOIL PORE DISTRIBUTION UNDER TWO TILLAGE SYSTEMS

Pore size distribution plays an essential role in the diagnosis of soil physical behaviour. The objective of this work was to compare the results obtained using two indirect techniques to analyse soil pore distribution: pore size (relating soil water content with soil matric pressure of a given soil sample) to identify macro, meso and microporosity, and pore origin (using the method of textural bulk density with kerosene) to identify structural and textural porosity. Soil samples were taken from three long term field trials located in Pergamino (Typic Argiudoll) with two tillage systems (chisel plow vs. no tillage). There was a high relationship between the two approaches in both tillage systems. Under chisel ploughing it was more convenient to classify soil porosity by its origin because soil pores have low stability, and hence, they are less disturbed using non polar liquids. The use of the water retention approach was the best method for no tillage systems as it avoided methodological errors related with high soil moisture, characteristic of these samples.

**Key words:** pore distribution, size, origin, tillage systems, Typical Argiudoll.

### INTRODUCCION

La cuantificación de la distribución del tamaño de poros juega un rol fundamental en la caracterización del funcionamiento físico del suelo (Stengel 1988).

Existen varios criterios para clasificar la distribución del tamaño de los poros con diferentes metodologías de análisis (Lawrence 1977). El criterio más utilizado, está basado en la capacidad de retención de agua de una muestra de suelo cuando se la somete a diferentes tensiones. Independientemente del método utilizado, las distintas succiones ejercidas son asociadas a tamaños de poros aplicando la siguiente ecuación:

$$r \rho g h = 2 \gamma \cos \alpha / r \quad (1)$$

donde  $\rho g h$  es la succión,  $\gamma$  la tensión superficial del agua,  $\alpha$  el ángulo de contacto sólido-líquido y  $r$  el radio equivalente del poro cilíndrico.

Esta clasificación tiene sus restricciones, ya que asume que los poros del suelo son cilíndricos y no considera el fenómeno de histéresis (Logsdon *et al.* 1993). Sin embargo, es una determinación sencilla, no

demanda personal calificado, y puede ser realizada como metodología de rutina en los laboratorios de suelos.

Otro criterio consiste en caracterizar el espacio poroso mediante la separación por su origen, utilizando la técnica de densidad aparente textural en querosene (Stengel 1988). Se obtiene la siguiente clasificación: porosidad textural, resultante de la distribución espacial de las partículas elementales, y porosidad estructural, generada entre agregados y resultante de fuerzas externas que actúan sobre el suelo: clima, labranzas, agentes biológicos.

Esta técnica evita la alteración de la distribución de la porosidad por contracción, al utilizar un líquido no polar. Pero, requiere un operador de laboratorio adiestrado. Además, la porosidad textural está altamente influida por el contenido de agua y de materia orgánica particulada de la muestra.

El objetivo de este trabajo fue comparar los resultados obtenidos con la utilización de ambas técnicas (separación por tamaño y por origen), a partir de muestras extraídas de tres ensayos de larga duración en un Argiudol Típico de la Serie Pergamino bajo dos sistemas de labranza.

## MATERIALES Y METODOS

En Julio de 1999, se realizó el muestreo de suelos de 3 ensayos de labranzas de larga duración ubicados en la Estación Experimental Pergamino de INTA: a) Ensayo de 20 años de antigüedad, rotación Trigo/Soja-Maíz, situación de partida pastura de 6 años de festuca (*Festuca arundinacea* L.); b) Ensayo de 13 años de antigüedad, rotación Trigo/Soja-Maíz-Soja, situación de partida agricultura continua (más de 10 años) y c) Ensayo de 8 años de antigüedad, rotación: Trigo/Soja-Maíz-Soja, situación de partida: agricultura continua (más de 30 años).

El suelo corresponde a un Argiudol Típico de textura franco limosa (INTA 1972). En cada uno de los ensayos se muestrearon los tratamientos siembra directa (SD) y labranza vertical (LV). El muestreo se realizó sobre rastrojo de Soja.

Se extrajeron muestras con cilindros (volumen 59 cm<sup>3</sup>) sobre la superficie y a 10 cm de profundidad en 4 sitios por parcela de dos bloques. También, se tomó una muestra disturbada de la zona adyacente a los cilindros para la determinación de densidad aparente textural en g cm<sup>-3</sup> (DA<sub>t</sub>) a la humedad de muestreo (Stengel 1983). Además, con estas muestras se determinó el contenido de materia orgánica (MO) por combustión húmeda usando el método de Walkley-Black y el índice de estabilidad de agregados (IEA) por el método modificado de Douglas y Goss (1982).

Con los cilindros se construyeron Curvas de Retención Hídrica usando mesas de tensión con placa porosa de yeso. Las succiones ejercidas con columna de agua fueron 0.05 y 0.2 atm. Para ello, previamente, se saturaron las muestras durante 24 h con agua destilada bajo vacío y se sometieron a cada tensión durante 24 h. Luego se secaron a 105°C. Posteriormente se calculó la densidad aparente, la humedad volumétrica a cada tensión (2) y la porosidad total (3) de cada muestra:

$$q = w \times d_{ap} \quad (2)$$

$$Porosidad_{total} = \left( 1 - \left( \frac{d_{ap}}{d_{real}} \right) \right) \times 100 \quad (3)$$

donde  $\theta$  es humedad volumétrica (%),  $\omega$  es humedad gravimétrica (%),  $\delta_{ap}$  es densidad aparente en g cm<sup>-3</sup> y  $\delta_{real}$  es la densidad de la fase sólida equivalente a 2,6 g cm<sup>-3</sup>. Se obtuvo la cantidad de poros en porcentaje, separados en tres categorías en porcentaje: microporos equivalente al valor de  $\theta$  a 0,2 atm, mesoporos que surge de restar el valor de  $\theta$  a 0,2 atm al valor de  $\theta$  a 0,05 atm y macroporos que surge de restar el valor de  $\theta$  a 0,05 atm al valor de porosidad total.

Con la muestra disturbada, se determinó DA<sub>t</sub>. Se rompieron los terrones húmedos con la mano y se tamizó la muestra para obtener agregados

entre 2 y 3 mm, evitando la fabricación de pseudo-agregados por amasado o adhesión de partículas más finas que 2 mm. Este diámetro de agregados asegura la ausencia de poros estructurales en su interior. Los mismos se cubrieron con querosene durante 12 h. Luego, se secó rápidamente la superficie de los agregados sobre un papel tisú hasta que no se observó brillo sobre ellos, evitando que los poros texturales pudiesen vaciarse e incluirse en el volumen de medida. Inmediatamente, se midió la presión hidrostática en una balanza con la precisión de mg, usando un vaso de precipitado con querosene. Para ello, se colocaron los agregados en una canasta dispuestos en una sola capa y ésta fue sumergida, suspendiéndola en el vaso de precipitado ( $P_1$ ). Seguidamente, se recuperaron los agregados en cajas de Petri para determinar su masa después de secarlos a 105°C por 24 hs ( $m_s$ ). Finalmente, se introdujo en el querosene la canasta vacía ( $P_2$ ) para calcular el volumen de los agregados (4):

$$Volumen_{agregados} = \frac{P_2 - P_1}{d_{querosene}} \quad (4)$$

donde  $P_2$  es la masa del recipiente + masa del querosene + presión hidrostática de la canasta vacía y  $P_1$  es  $P_2$  + presión hidrostática sobre los agregados.

El cálculo de DA<sub>t</sub> (5) se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$DA_t = \frac{m_s}{Volumen_{agregados}} \quad (5)$$

Para clasificar la porosidad por origen, se utilizó la misma determinación de  $\delta_{ap}$  de los cilindros de la curva de retención hídrica y la determinación de DA<sub>t</sub>.

$$Porosidad_{estructural} = \left( 1 - \left( \frac{d_{ap}}{DA_t} \right) \right) \times 100 \quad (6)$$

Ambos valores se relacionaron mediante la siguiente ecuación:

La porosidad textural (Pt) surge de restar a la porosidad total (PT), la porosidad estructural (PE).

Las dos metodologías aplicadas a un mismo sitio fueron analizadas por correlación lineal para evaluar la asociación entre las dos variables. Se relacionaron los microporos (poros menores a 15  $\mu$ m) con los poros texturales y, los poros estructurales con la sumatoria de macroporos y mesoporos (poros mayores a 15  $\mu$ m).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las Figuras 1a y 1b muestran la correlación entre la microporosidad y Pt. Se observó una asociación significativa ( $p < 0,01$ ) para ambos sistemas de labranza. Sin embargo,

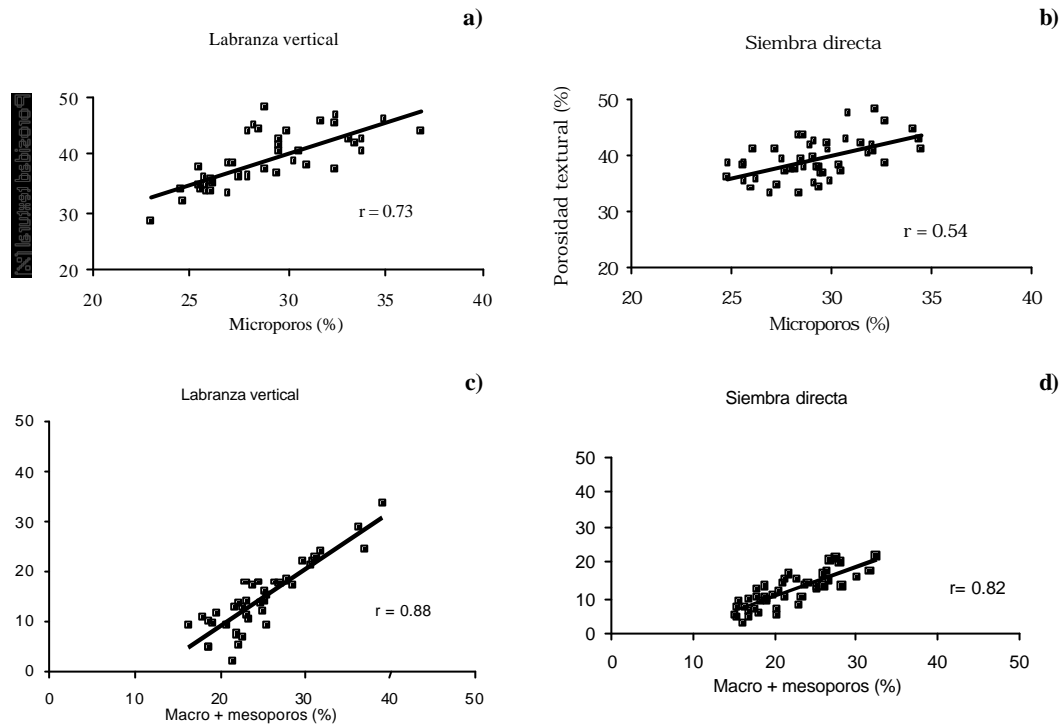


Figura 1: Correlación entre la microporosidad y la porosidad textural en **a)** labranza vertical y **b)** siembra directa; y entre la macroporosidad y la porosidad estructural en **c)** labranza vertical y **d)** siembra directa para los espesores 0-5 y 10-15 cm.

Figure 1: Linear correlation between microporosity and textural porosity under **a)** chisel plough and **b)** no tillage; and between macroporosity and structural porosity under **c)** chisel plough and **d)** no tillage in the 0-5 cm and 10-15 cm depths.

bajo SD el coeficiente de correlación ( $r=0,54$ ) resultó mas bajo que en LV ( $r=0,73$ ). En el caso de los poros de mayor tamaño (Figuras 1c y 1d), se observó una muy buena asociación entre la suma de macro y mesoporos y los poros estructurales para ambos sistemas de labranza ( $p<0,01$ ). También, se obtuvo un mayor coeficiente de correlación en LV ( $r=0,88$ ) que en SD ( $r=0,82$ ). Esto podría explicarse mediante dos hipótesis: 1) bajo SD existen factores que aumentan la variabilidad de los parámetros analizados y 2) las metodologías en estudio se alteran debido a ciertas características propias de las muestras provenientes de cada tratamiento.

Los contenidos de humedad de las muestras, más elevados bajo SD, dificultan la obtención del punto de secado óptimo de los agregados en papel tisú debido a que, por la humedad, no pierden completamente el brillo en la determinación de DAT. Por otro lado, la saturación de las muestras con agua puede

producir cambios en la estructura por destrucción de agregados en la técnica de separación de poros por tamaño si no se realiza bajo vacío (Kemper 1965). De acuerdo con estos resultados, bajo LV resultaría más eficiente diferenciar la porosidad por origen, debido a que la menor estabilidad de la estructura no se altera con el uso de un líquido no polar. En cambio, bajo SD resultaría más apropiado utilizar el criterio de la capacidad de retención de agua para evitar errores metodológicos asociados a la humedad edáfica.

En ambos sistemas de labranza, se observa que la PE presentó valores inferiores a los macroporos y por el contrario, Pt presentó valores superiores a la microporosidad. Posiblemente, el diámetro  $15 \mu\text{m}$  (0,2 atm) no sea el límite adecuado para diferenciar estas porosidades.

En conclusión, los dos criterios estudiados para caracterizar indirectamente la distribución de poros en el suelo estuvieron

altamente correlacionados, es decir, ambos pueden ser efectivamente aplicables para el diagnóstico físico sin perder grado de eficiencia. Además, esta asociación se mantuvo para los dos sistemas de labranza evaluados.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a Luis Blotta, Sergio Cepeda, Raúl Rossi, Alberto Rondán, Adolfo Sosa, Fernando Rimatori y Silvina Portela por su colaboración.

#### **REFERENCIAS**

- Douglas JT, Goss MJ. 1982. Stability and organic matter of surface soil aggregates under different methods of cultivation and in grassland. *Soil Till. Res.* 2:155-175.
- INTA. 1972. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja Pergamino (3360-32).
- Kemper, W.D., 1965. Aggregate stability. In: Black, C.A. (Ed.), *Methods of soil analysis. Part 1: Agronomy 9.* Am. Soc. Agron. Inc., Madison, pp 511-519.
- Lawrence GP. 1977. Measurement of pore sizes in fine-textured soils: a review of existing techniques. *Journal of Soil Sci.* 28; 527-540.
- Logsdon SD, McCoy EL, Allmaras RR, Linden DR. 1993. Macropore characterisation by indirect methods. *Soil Sci.* 5. 155, 317-324.
- Stengel P. 1983. Analyse de la Porosité. Séminaire CEE-Agrimed. 14-18 Mars, Avignon, Francia.
- Stengel P. 1988. Análisis de la Porosidad en horizontes de un suelo Brunizem en distintas condiciones de manejo y su relación con el crecimiento de las raíces del Maíz. Informe Técnico N° 211. INTA Pergamino.