

Medición de la densidad aparente del suelo por medio de la capilaridad¹

Elías Letelier A.²

Los métodos generalmente utilizados para medir la densidad aparente del suelo se basan en alguna de las siguientes técnicas (Russell, 1949; Vomocil, 1957; Bayer, Gardner y Gardner, 1973; O'Connell, 1975; Duchanfur, 1965; Hardy, 1970):

- Extracción de núcleos cilíndricos en el terreno.
- Excavación de volúmenes de suelo *in situ* y medición de su volumen, llenando dicho volumen con arena, aire o aceite.
- Impregnación o cubrimiento de terrones de suelo por parafina o plástico y medición posterior del volumen del terrón. Una variante de este método consiste en impregnarlo con agua y determinar directamente su volumen en aceite.
- Picnómetro de aire, basado en la relación de volumen y presión de un gas.
- Emisión de radiaciones gama.

El fenómeno de capilaridad ha sido utilizado para medir la distribución de los poros no capilares de diverso tamaño en el suelo (Robinson, 1949 y Collis-George y otros, 1971). Aparentemente no ha sido utilizado para medir directamente la porosidad total del suelo.

El presente trabajo se refiere a la determinación de la densidad aparente por medio de la capilaridad actuando sobre terrones. El método es el siguiente:

- Se coloca uno o más terrones, de aproximadamente 2 cm de altura, sobre un papel absorbente que sirva de medio conductor de agua hacia el terrón; conviene cubrir para evitar evaporación. Después de 14 horas, se extrae el suelo saturado, o una parte de él; se pesa el suelo saturado; se seca a 105°C y se vuelve a pesar.

La densidad aparente es determinada por la fórmula:

$$Dap = Pss / (Va + VH_2O + V \text{ sólidos}) \text{ g/cm}^3$$

en la que:

- Dap = Densidad aparente del suelo en húmedo
- Pss = Peso del suelo seco
- Va = Volumen ocupado por aire
- VH₂O = Volumen ocupado por agua
- V sólidos = Volumen ocupado por el material sólido

Si la altura del terrón es pequeña, el agua capilar llenará casi todo el espacio poroso y Va puede despreciarse.

VH₂O es igual a la diferencia entre el peso del terrón húmedo y el peso del terrón seco, suponiendo una densidad del agua igual a 1,0.

V sólidos es igual a Pss dividido por la densidad real del suelo. Si se acepta una densidad real de 2,65, la fórmula queda en la siguiente forma:

$$Dap = Pss / (VH_2O + Pss/2,65) \text{ g/cm}^3$$

En este método, la densidad aparente es la del suelo en húmedo, a diferencia de la mayor parte de los mé-

¹ Recepción de originales : 10 de junio de 1981.

² Ing. Agr. Estación Experimental La Platina (INIA). Casilla 5427, Correo 3, Santiago, Chile.

todos a base de terrones, que miden la densidad aparente del suelo en seco. Esto puede considerarse una ventaja, ya que, como dice Duchaufour (1965), "la ecuación porosidad total = porosidad no capilar + porosidad capilar, sólo es válida si se mide la porosidad total sobre el suelo húmedo", lo que se debe a la expansibilidad de las arcillas, la cual forma parte de la porosidad capilar.

Se comprobó la validez del método correlacionando sus resultados, en 19 muestras de suelos chilenos, con la densidad aparente medida directamente en las mismas muestras. Estas muestras consistieron en suelos reconstituídos, los que se obtuvieron en la siguiente forma:

- 19 muestras de suelo, pasadas por tamiz de 2 mm, se colocaron en tubos de ensayo, agregando agua

en exceso a la capacidad de saturación del suelo.

- Se dejaron decantar por 24 horas y se marcó el nivel a que llegaba el suelo en el tubo; esto permitió medir posteriormente el volumen ocupado por el suelo en condiciones de saturación hídrica. Se secaron las muestras en la estufa a 105^o; se pesó el suelo seco. Se calculó la densidad aparente efectiva dividiendo el peso del suelo seco por el volumen ocupado por el suelo húmedo. Una parte del mismo suelo seco se utilizó para medir la densidad aparente por el método del agua capilar.

Los suelos utilizados tenían densidades aparentes que variaban entre 0,54 (suelos volcánicos) y 1,51 (arenas). La correlación obtenida fué de $r = 0,96$ y la regresión fue: $Dap \text{ estimada} = 0,11 + 0,98 Dap \text{ efectiva}$.

RESUMEN

Se midió la densidad aparente en 19 muestras de suelo mediante el agua capilar que penetró en terrones de aproximadamente 2 cm de altura. La fórmula utilizada fue:

$$Dap = Pss / (VH_2O + Pss/2,65) \text{ g/cm}^3$$

en la que Pss = peso del suelo seco y VH_2O = volu-

men de agua que penetró en el terrón.

La correlación encontrada entre la densidad aparente determinada por este método y la determinación directa, midiendo el peso efectivo del suelo en húmedo, fue de $r = 0,96$ y la regresión fue: densidad aparente estimada = $0,11 + 0,98 \times$ densidad aparente efectiva.

SUMMARY

Determination of soil bulk density by capillarity

Bulk density of 19 soil samples was determined by measuring the capillary water that penetrated to clods of 2 cm height, approximately. The formula applied was:

$$Dap = Pss / (VH_2O + Pss/2,65) \text{ g/cm}^3$$

in which Dap = bulk density, Pss = weight of dried soil, and VH_2O = volume of water that penetrated

into the clod.

The correlation found between bulk density estimated by this method and bulk density determined measuring directly the dry weight and the volume occupied by the samples was $r = 0,96$ and the regression was: estimated bulk density = $0,11 + 0,98 \times$ effective bulk density.

LITERATURA CITADA

- BAVER, L.D., GARDNER, W.H. Y GARDNER, W.R. 1973. Física de suelos. UTEHA. p. 198—202.
- COLLIS—GEORGE, N., DAREY, B.G. Y SMILES, D.E. 1971. Suelo, atmósfera y fertilizantes. Edit. Aedos, 162 p.
- DUCHAUFUR, Ph. 1965. *Precis de podologie*. Masson y Cia. p. 41—42.
- HARDY, F.R. 1970. *Edafología Tropical*. Herrero Hnos. Suc. S.A., México. p. 16—18.
- O'CONNELL, D.J. 1975. The measurement of apparent specific gravity of soils and its relationship to mechanical composition and plant growth. En: *Soil physical conditions and crop production*. Her Majesty's Stationary Office. London. p. 299—300.
- ROBINSON, G.W. 1949. *Soils, their origin, constitution and classification*. Woodbridge Press, Ltd. p. 278—279.
- RUSSELL, M.B. 1949. Methods of measuring soil structure and aeration. *Soil Sci.* 68: 25—30.
- VOMOCIL, J.A. 1957. Measurement of bulk density and penetrability: a review of methods. *Advances in Agronomy*, Vol. IX: 159—173.