COMPARACION DE TRES METODOS DE MEDIR LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO[1]

Comparison of three methods to measure soil apparent density

Elías Letelier A.[2] y Raúl Ferreyra E.[2]

SUMMARY

Bulk density was measured in 46 soil samples from three regions of Chile, by three differnt methods: soil core (diameter of the cilinder: 8.3 cm), coated clod, and capilarity. In the first two, the samples were wetted to field capacity; in the capilarity method, to near saturation. Correlations between the coated clod method and the other two, were:

Coated clod - core, r = 0.72
Coated clod - capilarity, r= 0.87

The lower correlation between the coated clod and the core method, can be asigned to the pore spaces among clods in the upper layers of the soil and to the compaction caused by the instrument, in lower layers.

Coefficients of correlation between replicates for the coated clod and the capilarity methods, were 0.97 and 0.85, respectivity.

It was concluded that the capilarity method, which is very simple, could be used when a high precision is not required.

INTRODUCCION

El objetivo del presente trabajo es apreciar la confiabilidad de la medición y correlacionar entre sí, los valores de densidad aparente (D.A.) del suelo, obtenidos por los siguientes métodos: núcleo cilíndrico, terrón emparafinado y capilaridad. Este método de la capilaridad fue sugerido por el primer autor en 1982 y está basado en medir la cantidad de agua absorbida (por capilaridad) por terrones de 2 cm de altura (Letelier, 1982). Posteriormente, se sugirió un afinamiento de este método, estimando por extrapolación, cuánto sería el agua absorbida, si la altura del terrón fuera nula (Letelier, 1983). Sin embargo, en la práctica este último procedimiento tiende a dar valores de D.A. demasiado bajos.

En el presente trabajo, se trató de evaluar la confiabilidad del método por capilaridad propuesto en 1982, comparándolo con los conocidos métodos del terrón emparafinado y del núcleo cilíndrico.

Estas comparaciones se hicieron en muestras húmedas, cercanas a capacidad de campo, en los métodos del terrón emparafinado y del núcleo cilíndrico, y a casi saturación, en el método por capilaridad.

La precaución de utilizar muestras húmedas es importante, para una correcta determinación de la porosidad (Duchaufour, 1965), especialmente si se considera que es frecuente encontrar cierto grado de expansibilidad en muchos suelos (Miller, 1966). Este método, sin duda exagera la expansibilidad con respecto a utilizar la muestra natural.

En el método del núcleo cilíndrico, se recomienda que el cilindro tenga por lo menos 3" (aproximadamente 7,5 cm) de diámetro (Vomocil, 1957), para disminuir la disturbación que la presión del instrumento ejerce sobre el suelo. En este método, existen dos maneras de proceder (Zwarich y Shaykewich, 1969):

a) se introduce el cilindro hasta que su borde superior o la marca en el vástago coincida con el nivel de la superficie del suelo. De este modo, cada muestra está constituida por el suelo que el cilindro ha podido extraer, al desplazarse en una profundidad determinada, que puede ser la natural del cilindro o una parte de ella.

[1]Recepción de originales: 4 de julio de 1989.
Los autores agradecen a los Técnicos Sres. Raúl Eguiluz, Mauricio Gajardo, Orlando Becerra y Arturo González, su importante colaboración.
[2]Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

b) se hunde el cilindro hasta que su volumen interior se llene de suelo.

En el presente trabajo, se ha preferido el procedimiento a, por considerar que las muestras así extraídas representarían la cantidad de suelo que efectivamente se encontraba en el volumen del cilindro o en la parte de él previamente determinada.

MATERIALES Y METODOS

Los sitios por muestrear se humedecieron hasta, por lo menos, 60 cm de profundidad y se mantuvieron cubiertos por un plástico, por un lapso de 3 días antes de tomar las muestras. Las muestras cilíndricas se tomaron con un barreno con bordes aserrados, de 8,4 cm de diámetro y 15 cm de altura. Se tomó muestras a las profundidades 0-15, 15-30, 30-40 y 40-50 cm, que representan volúmenes de 819, 819, 546 y 546 cm^3, respectivamente. Las muestras cilíndricas se colocaron en bolsas de polietileno cerradas, para llevarlas al laboratorio. Adyacentes al hoyo hecho por el cilindro, se cavó una calicata, de la cual se extrajo material para disponer de terrones, a las mismas profundidades que las utilizadas con el cilindro.

En el laboratorio, se pesó las muestras en el estado de humedad en que llegaron. Luego, se extrajo una submuestra de cada una de ellas, la cual se pesó con la humedad a que venían y luego, se secó a 105°- 110°C por 48 hr, pesándose nuevamente.

La humedad así determinada se denominó "humedad retenida en el campo" (esta humedad es a veces mayor que la capacidad de campo en la capa 0-15 cm, que se mantuvo más húmeda al recibir el agua condensada en el polietileno). Con los datos así obtenidos, se calculó el peso de la muestra seca y su D.A.

El método de capilaridad fue el indicado por Letelier (1983), pero utilizando terrones de 3 cm de altura, los que estuvieron en contacto con el papel filtro saturado de agua, por 7 hr; durante este lapso, se mantuvo saturado el papel filtro, mediante aplicaciones frecuentes de agua.

El método del terrón emparafinado, fue el indicado por López y López (1985), con la diferencia de que los terrones fueron humedecidos hasta recuperar la "humedad retenida en el campo", antes de ser cubiertos por la parafina.

En cada sitio, se extrajo una muestra cilíndrica y se procesó dos terrones para el método de capilaridad y dos para el de la parafina. El coeficiente de expansión volumétrica, se determinó haciendo un barro con el suelo saturado de agua, el que se depositó en tapas circulares de 7,1 cm de diámetro y 0,5 cm de altura, previamente untadas con aceite, las que se secaron a 105° C.

El coeficiente de expansibilidad volumétrica, se calculó según la siguiente relación:

Coeficiente de expansibilidad = (diámetro interno de la tapa / diámetro del disco de suelo seco)^3

RESULTADOS

Los valores de D.A. obtenidos con los tres métodos comparados, se encuentran en el Cuadro 1. Las correlaciones entre el método del terrón emparafinado y los otros dos, fueron los siguientes:

Terrón emparafinado - cilindro, r = 0,72
Terrón emparafinado - capilaridad, r = 0,87

La repetibilidad dentro del método del terrón emparafinado, expresada como coeficiente de correlación entre las dos repeticiones, fue de 0,97. En el método por capilaridad, el coeficiente de correlación entre las dos repeticiones fue de 0,85.

DISCUSION

Llama la atención la menor correlación entre el método del terrón emparafinado y el del núcleo cilíndrico. Varios autores han observado una menor D.A. determinada por el terrón emparafinado, en relación a la determinada por el cilindro, atribuyendo esta diferencia a que las muestras por el método del terrón, no incluyen la porosidad entre "terrones" (Buol, Hale y Mc Craken, 1975; Zwarich y Shaykewich, 1968). En nuestro trabajo, también observamos frecuentemente una menor D.A., en la capa 0-15.

Sin embargo, en las capas más profundas, observamos frecuentemente lo contrario, o sea, una mayor D.A. por el cilindro, con respecto a los otros dos métodos (Cuadro 2). Atribuimos esto a la comprensión causada por el cilindro. En el primer estrato, este efecto estaría compensado por la inclusión de la porosidad entre terrones, en el método del cilindro.

Es interesante acotar que algunos autores prefieren el barreno de gusano ancho (5-10 cm) al cilindro como instrumento de campo para D.A., pues ejerce menos compresión (O'Connell, 1975). La correlación entre los métodos del terrón y de la capilaridad resultó sólo regular. En el Cuadro 3, se expresa la relación entre ambos métodos, en forma del porcentaje de casos en que ambos métodos coinciden, en mayor o menor grado.

CUADRO 1. Valores de densidad aparente con los tres métodos considerados*
TABLE 1. Bulk density values, as measured by the three methods used

Localidad	Tipo Suelo	Orden	Prof. (cm)	Humed. reten. en campo**	Coef. expansibil. volumétrica	Densidad Aparente		
						Cilindro	Capilaridad	T.E.[1]
			a. Región Metropolitana					
Mallarauco	Aluvial	Entisol	0-15	24,9	1,27	1,02	1,40	1,43
"	"		15-30	15,9	1,15	1,74	1,40	1,58
"	"		30-40	14,0	1,10	1,96	1,57	1,66
"	"		40-50	15,4	1,08	1,80	1,47	1,56
Los Tilos	Aluvial	Entisol	0-15	24,7	1,11	1,12	1,45	1,37
"	"		15-30	19,3	1,13	1,52	1,46	1,51
"	"		30-40	20,0	1,21	1,57	1,48	1,52
"	"		40-50	20,4	1,18	1,47	1,36	1,42
La Platina	Aluvial	Entisol	0-15	22,2	1,19	1,04	1,42	1,33
"	"		15-30	23,0	1,22	1,04	1,31	1,35
"	"		30-40	25,0	1,37	1,39	1,26	1,42
"	"		40-50	23,6	1,30	1,41	1,32	1,40
El Yali***	Granítico	Alfisol	0-15	15,8	1,12	1,29	1,55	1,29
"	"		15-30	13,7	1,23	1,76	1,37	1,36
"	"		30-40	11,6	1,23	1,37	1,41	1,32
"	"		40-50	10,3	1,33	0,95	1,24	1,40
			b. Secano Costero VI Región					
Hidango Sector 1	Terraza marina	Alfisol	0-15	15,1	1,23	1,33	1,45	1,46
"	"		15-30	20,2	1,44	1,59	1,12	1,28
"	"		30-40	23,2	2,20	1,52	1,12	1,18
"	"		40-50	22,4	-	1,34	1,14	1,22
Hidango Sector 1	Terraza marina	Alfisol	0-15	19,6	1,19	1,27	1,30	1,53
"	"		15-30	17,1	1,40	-	1,29	1,45
"	"		30-40	17,2	1,60	-	1,52	1,44
"	"		40-50	16,8	2,26	-	1,43	1,42
Hidango . Risco	Terraza marina	Alfisol	0-15	23,0	1,44	0,99	1,32	1,09
"	"		15-30	19,0	2,00	1,57	1,24	1,27
"	"		30-40	22,4	2,18	1,24	1,26	1,16
"	"		40-50	29,3	2,20	1,40	1,17	1,13
Hidango Risco	Terraza marina	Alfisol	0-15	19,3	1,33	1,06	1,47	1,11
"	"		15-30	19,9	1,12	1,48	1,32	1,10
"	"		30-40	23,4	1,12	1,32	1,13	1,05
"	"		40-50	30,5	-	1,51	1,12	1,11
			c. Novena Región					
Remehue	Trumao	Inceptisol	0-15	45,1	1,25	0,78	0,93	0,85
"	"		15-30	45,9	1,17	0,72	0,73	0,78
"	"		30-40	50,6	1,24	0,62	0,82	0,71
"	"		40-50	55,0	1,25	0,72	0,78	0,77
Collipulli	Rojo	Ultisol	0-15	24,3	1,32	1,33	1,27	1,31
"	"		15-30	22,4	1,32	1,33	1,23	1,23
"	"		30-40	23,1	1,47	1,72	1,16	1,23
"	"		40-50	24,1	1,37	1,46	1,15	1,10

Continuación Cuadro 1. Valores de densidad aparente con los tres métodos considerados*

Localidad	Tipo Suelo	Orden	Prof. (cm)	Humed. reten. en campo**	Coef. expansibil. volumétrica	Densidad Aparente Cilindro	Capilaridad	T.E.[1]
Temuco	Trumao	Inceptisol	0-15	47,8	1,22	0,63	0,83	0,79
"	"		15-30	54,4	1,19	0,56	0,72	0,70
Metrenco	Rojo	Ultisol	0-15	28,1	1,34	1,06	1,18	1,17
"	"		15-30	24,4	1,41	1,11	1,25	1,27
"	"		30-40	24,8	1,49	1,35	1,14	1,24
"	"		40-50	27,3	1,46	1,38	1,18	1,22

[1]E.T. = Terrón Emparafinado.
*Los valores de los métodos por capilaridad y terrón emparafinado son promedios de dos repeticiones.
**Base peso seco.
***En este suelo, el agua aplicada no penetró bien, más bajo de los 30 cm.

CUADRO 2. Porcentaje de valores de densidad aparente determinados por el métodos del núcleo cilíndrico, mayores o menores a los determinados por el método del terrón

TABLE 2. Percent of values for bulk density, determined by the core methods, higher or lower than by the clod method

Profundidad	Cilindro > terrón	Cilindro < terrón
0-15	8	92
15-30	58	42
30-40	70	30
40-50	80	20

CUADRO 3. Diferencias obtenidas entre el método del terrón emparafinado y el método de la capilaridad

TABLE 3. Differences between the clod and the capillarity methods to determine bulk density

Diferencias	Porcentaje
Hasta 0,1	76,1%
Entre 0,1 y 0,2	13,0%
Entre 0,2 y 0,3	8,7%
Mayores que 0,3	2,2%

Por otra parte, la menor variabilidad interna del método del terrón, señala nuevamente a este método como muy recomendable cuando se requiere de precisión. Cuando no es necesaria una gran rigurosidad, puede emplearse la capilaridad, método que tiene la ventaja de ser bastante más simple que el terrón; más aún si, como lo justificamos en la introducción de este trabajo y como lo recomiendan algunos autores (Baver, Gardner y Gardner, 1973), se considera necesario estandarizar previamente la humedad de los terrones destinados a ser emparafinados.

Debe hacerse notar que la menor D.A. que se obtiene en las capas superficiales por el núcleo cilíndrico, no es un error del método, si ello se debe a la inclusión de la porosidad entre terrones. En algunos casos, es precisamente este valor el que interesa (capacidad de retención de agua en un volumen determinado de suelo; apreciación de la porosidad obtenida por las labores; etc.). En cambio, la mayor D.A. obtenida por el núcleo cilíndrico en capas más profundas, sí que puede ser un obstáculo para la obtención de valores correctos de D.A.

RESUMEN

En 46 muestras de suelo procedentes de tres regiones de Chile, se determinó la densidad aparente por tres métodos: núcleo cilíndrico (diámetro 8,3 cm), terrón emparafinado y capilaridad. En los dos primeros, la muestra se llevó a capacidad de campo y en el de capilaridad, a casi saturación. Las correlaciones entre el método del terrón emparafinado y los otros dos, fueron los siguientes:

Terrón emparafinado - cilindro, r = 0,72
Terrón emparafinado - capilaridad, r = 0,87

La menor correlación con el método del cilindro, se podría atribuir a los poros entre terrones en las capas superficiales del suelo y a compactación efectuada por el instrumento en las capas más profundas.

Los coeficientes de correlación, dentro de repeticiones, en los métodos del terrón emparafinado y de la capilaridad, fueron 0,97 y 0,85, respectivamente.

Se estima que el método de la capilaridad, que es más sencillo que el del terrón emparafinado, se podría utilizar cuando no se requiere gran precisión.

LITERATURA CITADA

BAVER, L.D., GARDNER, W.H. y GARDNER, W.R. 1973. Física de suelos. U.T.E.H.A. p.: 201-202.

BUOL, S.W., HALE, F.D., and Mc CRAKEN, R.J. 1975. Soil genesis and clasification. The Iowa State University Press. p.: 61.

DUCHAUFOUR, Ph. 1965. Precis de Podologie. Masson y Cia. p.: 41-42.

LETELIER A., ELIAS. 1982. Medición de la densidad aparente del suelo por medio de la capilaridad. Agricultura Técnica (Chile) 42 (1): 77-78.

LETELIER A., ELIAS. 1983. Afinamiento del método de determinación de la densidad aparente del suelo por medio de la capilaridad. Agricultura Técnica (Chile) 43 (2): 181-182.

LOPEZ, J.R. y LOPEZ, J.M. 1985. El diagnóstico de suelos y plantas. Ediciones Mundi-Prensa. p.: 170-171.

MILLER, W.F. 1966. Volume changes in bulk density samples. Soil Science, Vol 102, Nº 5. p.: 300-304.

O'CONNELL, D.J. 1975. The measurement of specific gravity of soils and its relationships to mechanical composition and plant growth. In: Soil Physical Conditions and Crop Production. H.M.S.O., Technical Bull. 29. p.: 298-313.

VOMOCIL, J.A. 1957. Measurement of bulk density and penetrability: a review of methods. Advances in Agronomy, Vol IX: 159-173.

ZWARICH, M.S. and SHAYKEWICH, C.F. 1969. An evaluation of several methods of measuring bulk density of soils. Can. J. Soil Sci. 49: 241-245.