COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE Y LA SOLIDEZ EN TRES SUELOS ARENOSOS DE SABANA.

Hossne García A. J. y Cedeño Campos. H. J.
Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Ingeniería Agrícola.
Maturín, Estado Monagas, Venezuela.
americohossnegarcia@gmail.com/americohossne@cantv.net

RESUMEN

El objetivo fue comparar el método Uhland en caída libre y caída forzada del martillo con el densímetro nuclear, para evaluar in situ, la densidad seca (ρ_s), la densidad húmeda (ρ_h) y calculando la relación de solidez (i_s), en tres suelos arenosos del estado Monagas a dos profundidades. Metológicamente se utilizó un diseño de bloques al azar en arreglo factorial con tres suelos, dos profundidades y tres métodos, andeva, método de diferencia significativa honesta (DSH) de Tukey y análisis de diagramas representativos. La densidad seca, la densidad húmeda y la relación de solidez por el método del densímetro nuclear presentaron los valores más bajos con diferencias estadísticas significativas con respecto a los obtenidos a la metodología Uhland con caída libre y forzada en los tres suelos. Los valores promedios con el Uhland en caída libre y forzada fueron menores para la caída libre sin diferencia significativa para los tres suelos. A la profundidad de 15 – 30 cm los valores promedios de la densidad aparente fueron mayores.

Palabras claves: Densímetro, tomamuestras tipo Uhland, solidez, humedad.

INTRODUCCIÓN

La determinación de las densidades aparentes del suelo es práctica común en los proyectos agronómicos, mayormente en función de la densidad aparente seca. La densidad húmeda se evalua en función de la masa total de suelo dividida por el volumen del cilindro muestreador que es igual al volumen de la muestra; es decir, la ρ_h incorpora la humedad de la muestra, la cual debería ser la de uso en el agro. Los valres de la densidad húmeda son mayores que los de la densidad seca ($\rho_s = \rho_H/(1 + w)$. La relación de solidez reporta la solidez de la muestra. Se debe tener cuidado para garantizar un muestreo preciso, como seleccionar el equipo adecuado y la manera en que el muestreo se realiza (Fernandes et al., 1983; Nesmith et al., 1986; Constantini, 1993). El método más común por su sencillez y costo es el cilindro Uhland, el cual es normalmente utilizado con caída forzada del martillo impulsivo. Lichter y Costello (1994) manisfestaron que el muestreo con el cilindro impulsado en el suelo (Uhland), es la técnica más común para la determinación de la densidad aparente. Swinford y Meyer (1985) alegaron que el cilindro muestreador altera la muestra y no puede ser usado como un padrón absoluto ya que compactación puede ocurrir dentro del cilindro y el tamaño y la forma del cilindro sería diferente del volumen de suelo. Los densímetros nucleares permiten mediciones rápidas y exactas y repetibles. Las desventajas son: que se utiliza material radiactivo y que se requiere una licencia para operadores apropiadamente entrenados (Taylor y Kansara, 1967). Los objetivos específicos

fueron determinar in situ: (a) la densidad aparente seca (ρ_S), La densidad aparente natural o húmeda (ρ_H) y (b) la relación de solidez (i_s).

METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en dos profundidades de 0 – 15 cm y de 15 – 30 cm en tres suelos franco arenosos agrícolas del estado Monagas de Venezuela en las localidades de Jusepín (A), El Barril (B) y San Jacinto (C) con las características mostradas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución del tamaño de las partículas y contenido de materia orgánica de los tres suelos (A, B y C) estudiados.

Componentes	A		B		C	
	Profundidad (cm)					
	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30
Arena muy gruesa	0,57	0,49	0,17	0,13	0,25	0,53
Arena gruesa	5,06	3,05	3,67	2,99	2,79	5,03
Arena media	15,27	10,93	26,36	24,02	10,75	0,68
Arena fina	31,27	29,41	38,06	37,6	34,70	30,98
Arena muy fina	12,12	13,31	7,16	8,20	14,96	12,45
Limo	23,51	26,61	19,36	21,86	30,35	33,13
Arcilla (caolinita)	12,2	16,2	3,2	5,2	6,2	7,2
Materia orgánica	0,29	1,12	0,61	0,78	0,53	0,94
Arena total	64,29	57,19	77,44	72,94	63,45	59,67
Clase textural	Fa	Fa	Af	Fa	Fa	Fa

Los instrumentos empleados fueron: (a) El densímetro nuclear (Swinford y Meyer, 1985), que funciona con la determinación de las densidades aparentes fundamentándose en la interacción de los rayos gamma de una fuente radiactiva y los electrones de las órbitas exteriores de los átomos del suelo y (b) El muestreador Uhland con peso del martillo de 4240 g (Figura 1) con cilindros muestreadores de alrededor 70 mm de longitud y 72 mm de diámetro. Se utilizaron tres métodos: (a) Método del densímetro (DENU), (b) Método del Uhland con caída libre del martillo (UhLI) y (c) Método del Uhland con caída forzada del martillo (UhFO).

Figura 1. Densímetro nuclear HS-5001C y el equipo Uhland H-4203.3

Las muestras se pesaron y se pasaron a la estufa a 105 ºC por 24 horas. Se calculó el contenido de humedad (w) con la Ecuación 1, en base a la masa de agua (M_w) y la masa de

suelo seco (M_S). La densidad seca (ρ_S) ($g \bullet cm^{-3}$) con la Ecuación 2, en donde V_T fue el volumen del cilindro. La densidad natural o in situ ρ_h se determinó por medio de la masa de suelo total (M_T) con la Ecuación 3. El índice o relación de solidez (i_S) calculado, para los tres métodos, por medio de la densidad seca (ρ_S) y la gravedd específica (G) con la Ecuación 4. ρ_W representó la densidad del agua:

$$w = \frac{M_w}{M_S} 100 \quad (1) \qquad \rho_s = \frac{M_s}{V_T} \quad (2) \qquad \rho_h = \frac{M_T}{V_T} \quad (3) \qquad i_S = \frac{V_s}{V_T} = \frac{\rho_S}{G^* \rho_W} \quad (4)$$

El diseño experimental que se utilizó fue el diseño de bloques al azar en arreglo factorial con tres suelos, dos profundidades y tres métodos. Se utilizaron cinco calicatas por suelo para un gran total de quince calicatas. Las variables evaluadas por los tres métodos fueron: la humedad (w), la densidad seca, la densidad húmeda y la relación de solidez. Para cada suelo se recolectaron 30 muestras, 15 por profundidad, para la caída libre del martillo Uhland, 30 muestras, 15 por profundidad para la caída forzada del martillo Uhland y 30 muestras, 15 por profundidad para el densímetro; esto produjo un total de 270 muestras analizadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 presenta los promedios durante el muestreo con el muestreador Uhland del número de golpes libres y forzados ejecutados con el uso del Uhland, la humedad gravimétrica y la desviación estándar. Se utilizaron más golpes para la introducción del cilindro a bajas humedades por debajo del 8 %. Las desviaciones estándar exhibieron, en general, mayor variación a bajas humedades, en especial para el suelo C y B. Se observa que el martilleo en caída forzada requirió menos golpes. Al respecto Blake y Hartge (1986) señalaron que la densidad aparente puede aumentar si el dispositivo de muestreo es sobre martillado al introducirlo en el suelo.

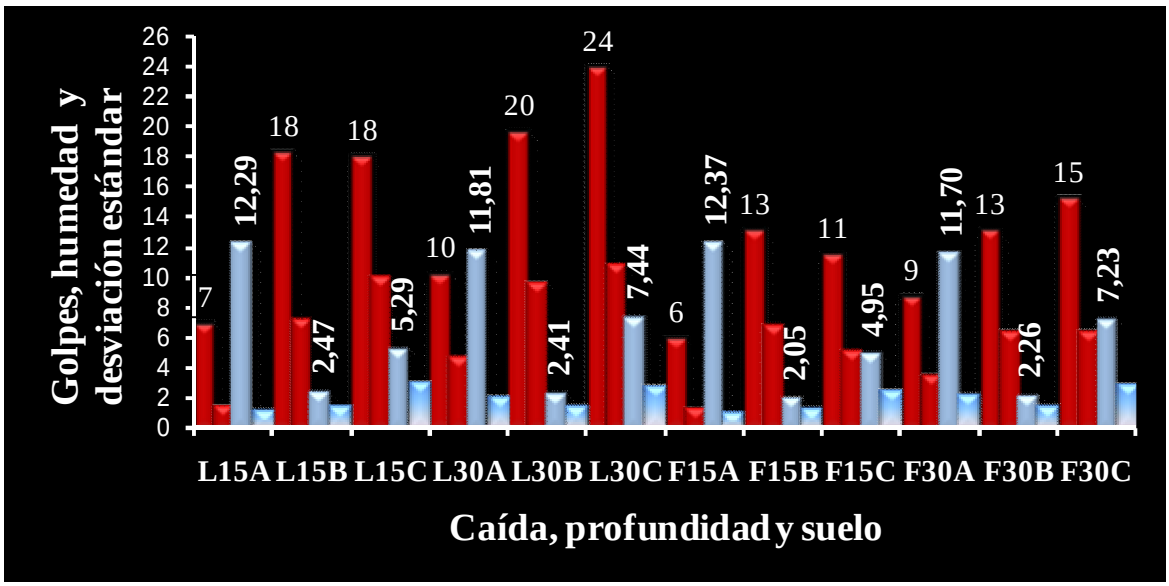

Figura 2. Golpes libres (L) y forzados (F) ejecutados con el muestreador Uhland durante el

muestreo en los tres suelos A, B y C, a las profundidades de 15 y 30 cm. Para cada ensayo: la primera columna representa la caída, la segunda la desviación estándar del número de caída, la humedad y la desviación estándar de la humedad.

La Figura 3 presenta la densidad aparente natural o húmeda versus la relación de solidez, la humedad y los métodos de medición. Se observa que los máximos valores de la densidad natural se obtuvieron en orden ascendende para los métodos Densímetro (1), Uhland libre (2) y Uhland forzado (3) para los mayores valores de la solidez del suelo. El diámetro de las esferas es función de la humedad, lo cual revela que la densidad natural obtuvo sus valores proporcionalmente al porcentaje del contenido de agua del suelo. Se nota mayor solidez del suelo cuando se usó el Uhland.

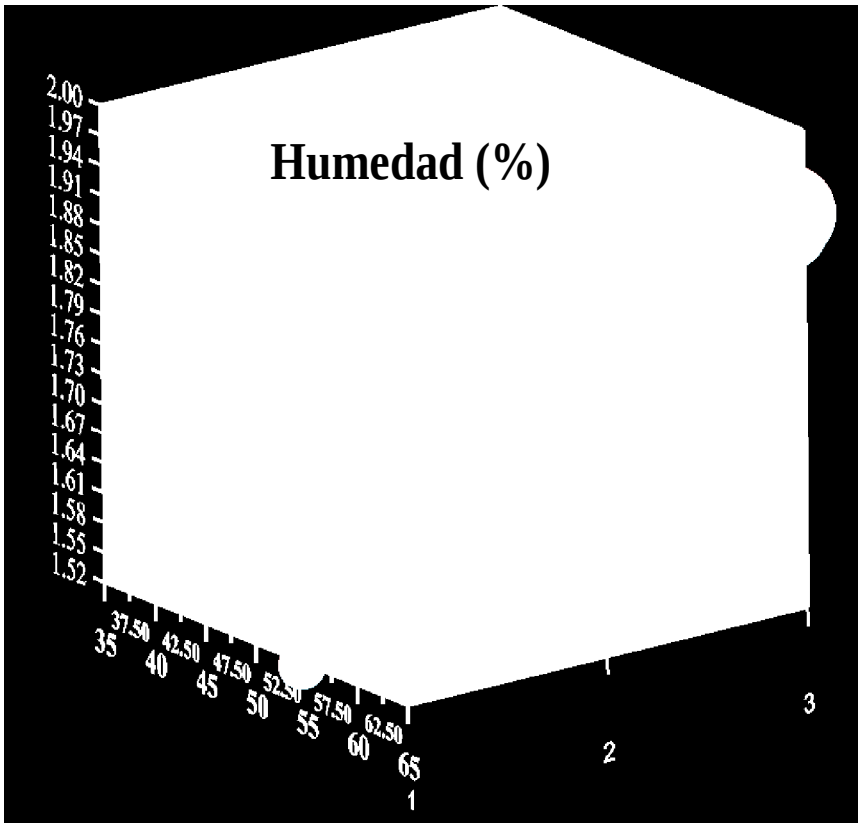

Figura 3. Densidad aparente natural versus la relación de solidez, los métodos de medición (Densímetro (1), Uhland libre (2) y Uhland forzado (3)) y la humedad del suelo.

El Cuadro 2 presenta los resultados del análisis de varianza (andeva) para la densidad natural o in situ, la densidad seca y la relación de solidez. La media para ρ_S fue de 1,5839 g/cm^3, para ρ_H de 1,6995 g/cm^3 y para i_S de 57,758 %. El valor de ρ_H fue mayor que ρ_S, como hubo de esperarse ($\rho_h = \rho_S + w*\rho_S$). Sheesley (1976) encontró que los experimentos de campo demostraron que el tráfico sobre suelos de textura arenosa o mediana, la densidad seca incrementó al profundizar. El cuadro 3 muestra el empleo del método de Tukey o método de la diferencia significativa honesta (DSH) que despliega promedios para la densidad aparente natural (ρ_h), la densidad aparente seca (ρ_S) y la relación de solidez (i_S)

para dos profundidades, tres métodos y tres suelos (S) de sabana. Se nota que los valores mayores se encontraron en los suelos en los horizontes de 15 a 30 cm. El método que produjo el menor valor fue el densímetro con diferencia significativa con respecto a los otros dos en los cuales no hubo diferencia significativa. Lichter y Costello (1994) manisfestaron que a pesar de la diferencia entre los dos métodos utilizados por ellos para evaluar la densidad aparente producida fue relativamente pequeña (3 a 9 %), pero las implicaciones de esta diferencia en términos del manejo del suelo y el desarrollo de las plantas podría ser substancial.

Cuadro 2. Análisis de varianza (ANDEVA) para la densidad natural (ρ_H), densidad seca (ρ_S) y relación de solidez (i_S) ajustado por la profundidad, tres métodos, tres tipos de suelo y humedad de los tres tipos de suelo de sabana del estado Monagas, Venezuela.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Densidad Natural o Húmeda (ρ_H)					
Profundidad (H)	1	0,120	0,120	20,49	0,0000
Métodos (Met)	2	0,512	0,256	43,61	0,0000
Suelo (S)	2	0,151	0,075	12,87	0,0000
Humedad (w)	1	0,200	0,200	34,10	0,0000
Error	263	1,544	1,006		
Media	1,6995				
CV	4,51				
Densidad Seca (ρ_S)					
Profundidad (H)	1	0,096	0,096	20,47	0,0000
Métodos (Met)	2	0,463	0,232	49,06	0,0000
Suelo (S)	2	0,110	0,055	11,66	0,0000
Humedad (w)	1	0,001	0,001	0,30	0,5848
Error	263	1,241	0,005		
Media	1,5839				
CV	4,34				
Relación de Solidez (i_S)					
Profundidad (H)	1	679,63	679,63	47,87	0,0000
Métodos (Met)	2	2192,70	1096,40	77,23	0,0000
Suelo (S)	2	792,20	396,10	27,90	0,0000
Humedad (w)	1	15,9	15,99	1,13	0,2895
Error	263	3733.70	14,20		
Media	57,758				
CV	6,52				

$F_{Crítico}0,05(H;Error) = F_{Crítico}0,05(1;263) = 3,877059$. $F_{Crítico}0,05(H;Error) = F_{Crítico}0,05(2;263) = 3,030116$
$F_{Crítico}0,0001(H;Error) = F_{Crítico}0,0001(1;263) = 15,61$. $F_{Crítico}0,0001(H;Error) = F_{Crítico}0,0001(2;263) = 9,54$

Cuadro 3. Promedios para la densidad húmeda o natural (ρ_H), la densidad seca (ρ_S) y la relación de solidez (i_S) para dos profundidades (H), tres métodos (MET) y de tres suelos (S) de sabana del estado Monagas de Venezuela.

Variables Independientes	Variables Dependientes					
	Densidad húmeda		**Densidad seca**		**Relación de solidez**	
	Media	**Grupo †**	**Media**	**Grupo †**	**Media**	**Grupo †**

Profundidad						
0-15	1,6784	B	1,5650	B	56,171	B
15-30	1,7207	A	1,6029	A	59,346	A
Método						
Densímetro	1,6370	B	1,5245	B	53,651	B
Uhland libre	1,7249	A	1,6081	A	59,589	A
Uhland forzado	1,7367	A	1,6193	A	60,035	A
Suelo						
Jusepin (A)	1,7698	A	1,6448	A	59,948	A
El Barriil (B)	1,6592	B	1,5480	B	58,131	A
San Jacinto (C)	1,6696	B	1,5589	B	35,196	B

† Método de Tukey o Método de la Diferencia significativa honesta (DSH). Comparaciones apareadas ($p \leq 0,01$). Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos para la densidad aparente seca, la densidad aparente húmeda y la relación de solidez fueron menores con el uso del densímetro nuclear; encontrándose diferencia significativa con respecto al empleo del muestredor Uhland. No hubo diferencia significativa para los resultados obtenidos por el Uhland libre y el Uhland forzado. Los tres suelos bajo estudio presentaron diferencias significativas estadísticas para la densidad aparente seca, la densidad aparente húmeda y la relación de solidez con respecto a la profundidad del suelo. Obteniéndose valores mayores a la profundidad de 15-30 cm.

LITERATURA CITADA

Blake, G.R. and Hartge, K.H. 1986. Bulk density. In methods of soil analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, pp 363-375.

Constantini A. 1993. Soil sampling bulk density in the CoastalLowlands of South-East Queensland. Australian Journal ofSoil Research, 33: 11-18.

Fernades, B., Galloway, R.D. Bronson, J.V. Mannering. 1983. Efeito de três sistemas de preparo H.M do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 7: 329-333.

Lichter, **J**. M. and L. R. Costello. 1994. An evaluation of volume excavation and core sampling techniques for measuring soil bulk density. Journal of Arboriculture 20(3): 160-164.

Nesmith, D.S., W.L. Hargrove, E.W. Tollner and D.E. Radcliffe. 1986. A comparison of three soil surface moistureand bulk density sampling techniques. Transactions of the ASAE, 29: 1297-1299.

Sheesley, R. 1976. Timing of first alfalfa harvest to avoid impedance of root growth. Farm Advisor, Cooperative Extension. University of California, Fresno. ucanr.org/alf_symp/1976/76-54.pdf.

Swinford, M. and J. H. Meyer. 1985. Evaluation of a nuclear density gauge, for measuring infield compaction in soils of the South African sugar industry. Proceedings of The South African Sugar Technologists' Association: 218-224.
Taylor, D. and M. Kansara. 1967. A Theory of the Nuclear Densimeter. Soil Science 104(1): 25-34.