

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD APARENTE DEL SUELO – COMPARACIÓN DEL MODELO SPAW CON MODELOS DESARROLLADOS POR INVESTIGACIÓN NACIONAL

Califra, A.¹; Beretta, A.^{1,2}; Del Pino, A.¹

Introducción

En la producción agropecuaria y forestal, se requiere información de la capacidad de los suelos para retener agua en forma disponible (CRAD) así como de su respectiva densidad aparente (da). Desde hace tiempo diferentes trabajos vienen desarrollándose con ese objetivo. Cuánto mayor información de calidad se obtenga mejor resultará la predicción de esas propiedades. La investigación nacional ha desarrollado modelos de edafo-transferencia que estiman estos parámetros procurando facilitar y ahorrar recursos. En otros países también han creado modelos basados en una cantidad de datos mucho mayor que la disponible a nivel nacional. El modelo SPAW (Soil Potential Available Water) utiliza ecuaciones de estimación basadas en correlaciones de un amplio conjunto de datos (1722 muestras) proporcionados por el Laboratorio de Suelos del Centro de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura (USDA / NRCS). Ese programa además, estima otras propiedades de los suelos: porosidad total, conductividad hidráulica en flujo saturado, entre otras y se presenta en un formato más amigable para los usuarios. Resulta necesario validarlo con datos obtenidos de la realidad y/o comparar sus resultados con los obtenidos a partir de modelos desarrollados por la investigación nacional.

Materiales y Métodos

Se utilizaron los valores de densidad aparente (Dap) medidos en muestras imperturbadas con un contenido de humedad equivalente a 33 Kpa (Dap_{1/3}), de un total 85 horizontes de 12 suelos, de constitución variable, representativos de algunas Unidades Cartográficas de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay (1:1.000.000). Se compararon los valores de Dap (SPAW) obtenidos a partir de las estimaciones realizadas a través del software SPAW (Saxton, 2006) y con los valores de Dap (MIN) estimados a partir del modelos propuestos por

¹ Departamento de Suelos y Aguas, Fac. Agronomía – UDELAR.

² Laboratorio de Suelos – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Fernández (1979), Silva et. al (1988), desarrollados a partir de investigación nacional.

De todas las muestras se dispuso del contenido de arena, limo, arcilla (Day, 1965) y carbono orgánico (C.org) (Nelson y Sommer, 1996).

Se relacionaron los valores de densidad aparente a 33 Kpa (Dap1/3_est) a partir de los contenidos de arena, limo, arcilla y carbono orgánico (C.org) de las muestras, expresados como porcentaje en peso seco. Estos valores también se relacionaron con las estimaciones SPAW y MIN.

Las mediciones de Dap 1/3 y las estimaciones SPAW, MIN y Dap 1/3_est se analizaron por regresión y comparación de muestras apareadas. En los análisis estadísticos se utilizó el software InfoStat/P (Di Rienzo, *et al.* 2012)

Resultados

Al estimar la Dap 1/3 a partir del modelo SPAW se obtuvo un mejor ajuste que al utilizar MIN (figura 1), aunque en ambos casos el coeficiente de regresión no difirió de 1. Ambos modelos de estimación, en promedio, sobreestimaron los valores de Dap 1/3 (Cuadro 1).

El error de estimación al utilizar SPAW fue de: $\sigma = 0,11 \text{ Mg.m}^{-3}$, mientras que con el modelo MIN fue: $\sigma = 0,13 \text{ Mg.m}^{-3}$.

Al ajustar las estimaciones de Dap1/3 mediante sucesivas eliminaciones de los datos “outliers”, se alcanzó un ajuste notoriamente más satisfactorio al utilizar SPAW que al utilizar MIN. Las diferencias en términos absolutos, sin embargo, se mantuvieron.

¹ Departamento de Suelos y Aguas, Fac. Agronomía – UDELAR.

² Laboratorio de Suelos – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

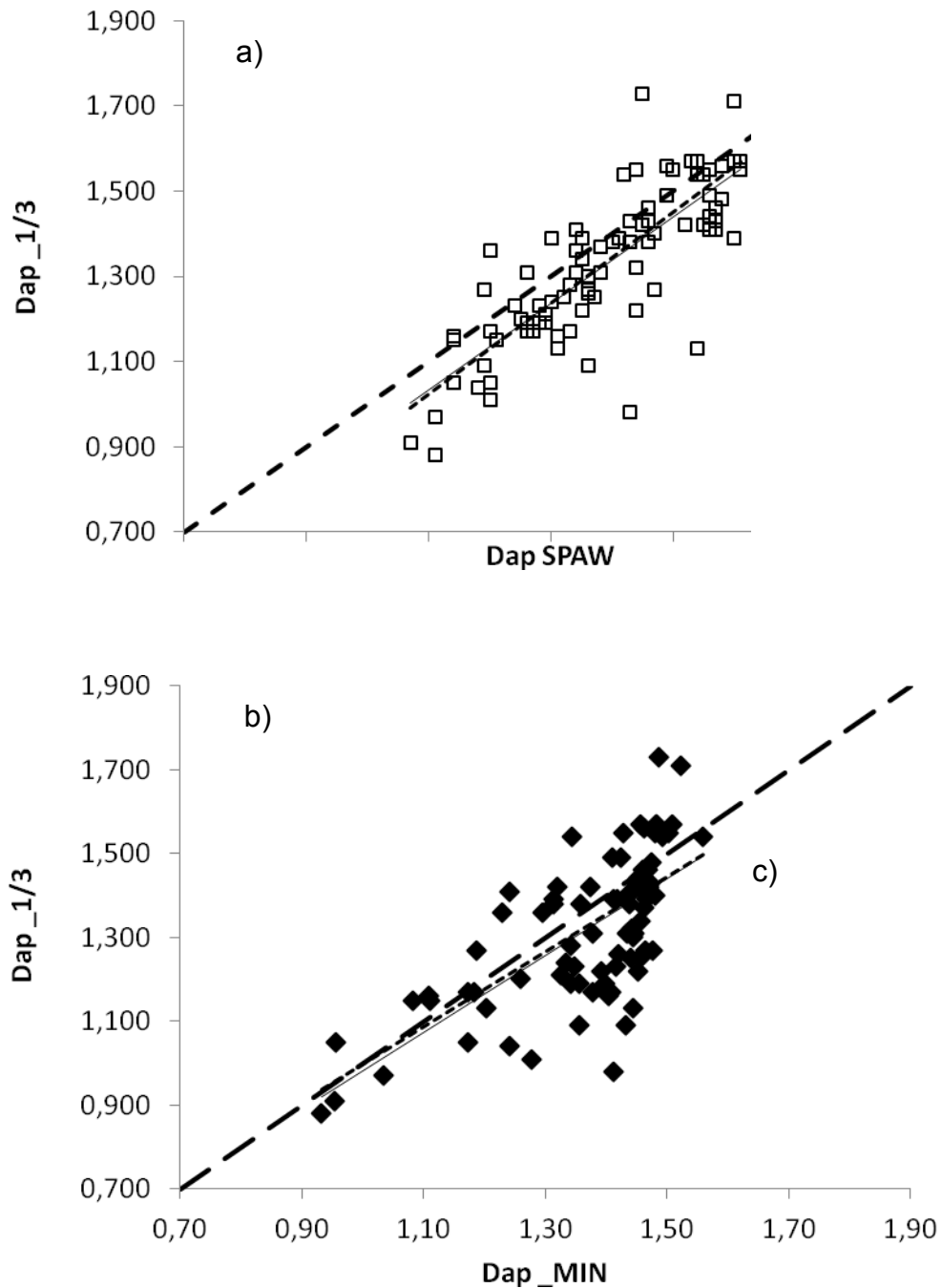


Figura 1. Estimación de Dap 1/3 en función de:

- a) Estimación de Dap según SPAW, la línea rellena representa el ajuste:
 $y = 1,017x - 0,087$, $R^2 = 0,64$, $n=80$;
 la línea punteada representa la relación:
 $y = 1,070x - 0,155$, $R^2 = 0,78$, $n= 80$;
- b) estimación de Dap acorde a MIN, la línea llena representa el ajuste:
 $y = 0,917x + 0,065$, $R^2 = 0,48$;
- c) la línea punteada representa la relación:
 $y = y = 0,893x + 0,104$, $R^2 = 0,59$, $n= 77$.
 La línea segmentada representa la relación 1:1.

¹ Departamento de Suelos y Aguas, Fac. Agronomía – UDELAR.

² Laboratorio de Suelos – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Cuadro 1. Medición y diferencias promedio entre la Dap 1/3 (medida) y la Dap estimada.

Método de medición	Mg.m-3	t < T
Dap 1/3†	1,32	
SPAW	1,38	
MIN	1,37	
Diferencias promedio		
MIN - Dap 1/3	-0,06	<0,0001‡
SPAW - Dap 1/3	-0,05	0,0011

†. Dap 1/3: medición de la densidad aparente con cilindro de muestras imperturbadas a un contenido de humedad del suelo de 33 Kpa; SPAW: estimación de la Dap propuesta por Saxton y Rawls (2006); MIN: estimación de la Dap propuesta por Fernández (1979). ‡ Probabilidad de que la diferencia sea igual a cero, acorde a test de muestras apareadas

Se obtuvo una buena estimación de la Dap 1/3 a partir de los valores analíticos de las muestras (cuadro 2), aunque fue necesario eliminar ocho muestras que no se ajustaban satisfactoriamente a la tendencia general. Al relacionar los valores Dap1/3_est con los valores SPAW se obtuvo una mejor relación que con los datos MIN.

Cuadro 2. Dap1/3_est, en función de los porcentajes de arena, limo, arcilla y C.Org, así como en función de los modelos SPAW o MIN.

Regresión	R ²	n
-108,16 +1,10 (%) Arena + 1,10 (%) Limo +1,09 (%) Arcilla -0,053 (%) C.Org	0,84	77
0,9376 SPAW + 0,0317	0,80	85
0,8051 MIN + 0,2265	0,54	85

Las diferencias entre SPAW, MIN y los valores de Dap1/3 tuvieron una relación inversa (figura 2). No hubo una relación directa entre las características de las muestras y las diferencias observadas.

¹ Departamento de Suelos y Aguas, Fac. Agronomía – UDELAR.

² Laboratorio de Suelos – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

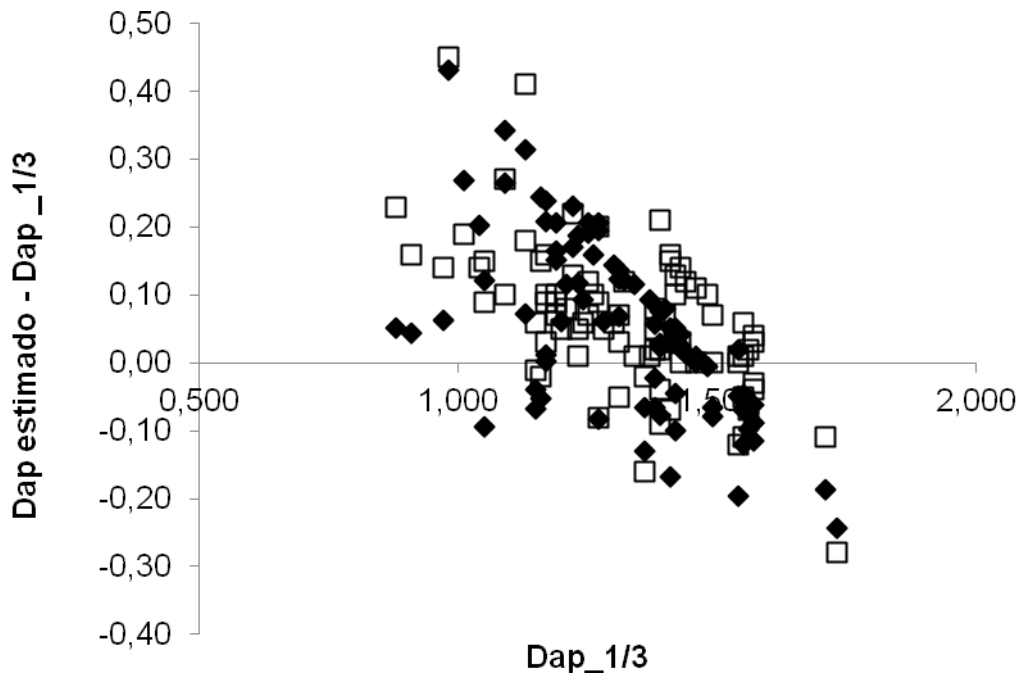


Figura 2. Diferencia entre la estimación de Dap y la Dap_{1/3} en función de las Dap_{1/3}. Los cuadrados sin relleno corresponden a las estimaciones SPAW, los rombos negros corresponden a las estimaciones MIN.

Aunque según los indicadores estadísticos la estimación de Dap 1/3 a partir de los modelos SPAW o MIN arrojaría valores aceptables, fue notoriamente más sensible el modelo SPAW. Sin embargo, siempre que sea posible se aconseja obtener valores de densidad aparente directamente a partir de muestras y no de su estimación a través de modelos ya que ambos pueden no reflejar exactamente el espacio poroso y por lo tanto introducir errores de magnitud considerables.

Bibliografía

- Alvarez, C; Cayssials, R y Molfino, J.H. - Estimación del almacenaje de agua en las tierras de Uruguay - Primera aproximación - In II Seminario Nacional de Campo Natural, Tacuarembó, Uruguay, 1990. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria/Sociedad Uruguaya de Pasturas Naturales/Facultad de Agronomía/Plan Agropecuario. Ed. Hemisferio Sur.
- Canepa, E. y Gómez, A. Influencia de las prácticas de manejo del suelo sobre la nutrición hídrica de duraznero (*Prunus Pérsica* Batsh). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, 1983. 87 p.
- Corsi, W. - Regionalización Agroclimática de Uruguay para Cultivos.Uruguay.CIAAB.Miscelánea 40.1982.5. Características del Clima y de las Cuencas.

¹ Departamento de Suelos y Aguas, Fac. Agronomía – UDELAR.

² Laboratorio de Suelos – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

- Day, R.P. 1965. Pipette method of particle size analysis. In: Methods of soil analysis. Agronomy 9. ASA USA. 553-562
- Di Rienzo JA, F.Casanoves, M.G.Balzarini, L.González, M.Tablada, C.W. Robledo. 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Fernandez, C.J. Estimaciones de densidad aparente, retención de agua disponible en el suelo a partir de la composición granulométrica y porcentaje de materia orgánica. In Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía, 2a., Montevideo, 1979. Trabajos presentados. Montevideo, 1979. p 53.
- García F.; Kaplán, A. Evaluación de un método para determinar densidad aparente, macroporosidad y microporosidad en el suelo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, 1974. 49p.
- Labella, S -El agua en el suelo. Montevideo, Facultad de Agronomía, 1969. 56p. (Mimeografiado)
- Labella, S y Alvarez, C - Manejo de maíz en seco en el NE uruguayo. In Uruguay. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger. Estación Experimental del Norte. Cultivos de verano en el Noreste. Tacuarembó, 1976. pp.2-1-2-21.
- Labella, S y Álvarez, C. Humedad disponible y "fácilmente disponible" en algunos suelos del Uruguay. Montevideo. Facultad de Agronomía. 1969. (Mimeografiado).
- Molfino, J.H.; Califra, A. (2001) Agua disponible de las tierras del Uruguay. Segunda aproximación - División Suelos y Aguas, Dirección General de Recursos Naturales Renovables, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, http://www.cebra.com.uy/renare/wp-content/files/mf/1376398534Agua_disponible.pdf
- Morón, A.; Molfino, J. H.; Sawchik, J.; Califra, A.; Lazbal, E; La Manna, A.; Malcuori, E. "The physical soil quality in the main areas of pastures in dairy production in Uruguay". Congreso Internacional de Pasturas, China del 29/6 al 5/7/2008.
- Nelson, D; Sommers, L. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Method of Soil Analysis. Sparks, D. [Ed], Part 3. Book Series 5. Sss Am USA. 962 – 1008.
- Saxton, K.E. and W.J. Rawls. 2006. Soil Water Characteristics Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions. Soil Sci. Soc. Amer. 70:1569–1578
- Silva, A., Ponce De Leon, J. García Préchac, F y Duran, A. Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retención de agua de suelos del Uruguay. Facultad de Agronomía - UDELAR, Bol. De Inv. No 10, 1988. 20 p.
- Terzaghi, A. y Sganga, J.C. (1998). Características físicas de los principales suelos agrícolas de Canelones y Montevideo y su interpretación agronómica. Boletín Técnico; (8): 769-775.

¹ Departamento de Suelos y Aguas, Fac. Agronomía – UDELAR.

² Laboratorio de Suelos – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria