

## Caracterización hidrofísica de los ferríticos rojos oscuros de Pinares de Mayarí.

### Characterization Hydrophysics of dark red ferritic Mayari Pinewoods.

**Autores:** Ing. Juan Alejandro Villazón-Gómez, Ing. George Martín-Gutiérrez, Ing. Yakelín Cobo-Vidal, Ing. Yunior Rodríguez-Ortiz

**Organismo:** Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA), Holguín, Cuba.

**E-mail:** [juan.villazon@inicahl.azcuba.cu](mailto:juan.villazon@inicahl.azcuba.cu)

#### Resumen.

Estado hidrofísico de los suelos Ferríticos bajo diferentes usos de la tierra, realizando muestreo aleatorio estratificado en *Caña de azúcar*, *Pasto natural*, *Bosque de pinos* y *Bosque mixto*, a profundidades: (0-15, 15-45 y 45-60 cm), 5 repeticiones en cada uso. Evaluadas las propiedades hidrofísicas relacionadas con el volumen de suelo y masa de sólidos y volumen de sólidos en términos de masa. Mayores valores de Humedad gravimétrica y volumétrica en el *Bosque de pinos*. La densidad del suelo en *Caña de azúcar*, *Pasto natural*, *Bosque mixto* y *Bosque de pinos*. Mayor densidad de la fase sólida en *Bosque de pinos*, seguido por *Caña de azúcar*, *Bosque mixto* y *Pasto natural*. Mayor porosidad total en *Bosque de pinos*. El *Bosque de pinos* es el uso con mayor porcentaje de microporosidad. El *Bosque de pinos* y el *Bosque mixto*, mayor macroporosidad que *Caña de azúcar* y *Pasto natural*.

**Palabras clave:** propiedades hidrofísicas; ferríticos; utilización de la tierra.

#### Abstract.

State Ferritic hidrofísico of soils under different land uses, performing stratified random sampling Sugarcane, Natural Grass, Pine forest and Mixed forest, to depths (0-15, 15-45 and 45-60 cm), 5 reps with each use. Evaluated the properties related hydro soil volume and mass of solids volume of solids and in terms of mass. Higher values of gravimetric and volumetric humidity in the pine forest. The density of the soil in sugarcane, Pasto natural mixed forest and pine forest. Higher density of the solid phase in Pine Forest, followed by sugarcane, mixed forest and native grass. Increased total porosity Pine Forest. The pine forest is to use a higher percentage of microporosity. The Pine forest and Mixed forest, greater macroporosity Cane and Natural Grass.

**Keywords:** hydro properties; ferritic; land use.

## **Introducción.**

Los procesos de formación de suelos se desarrollan bajo determinados factores de formación, entre los cuales se encuentra la vegetación. Estos factores le dan al suelo una serie de características, las cuales cambian cuando alguno de ellos sufre una alteración con respecto a sus condiciones originales. Los cambios que se generan en el suelo, al cambiar su cobertura vegetal típica por otra, se reflejan en las propiedades químicas y físicas del mismo (Jaramillo, 2002).

Es importante conocer las características físicas de los suelos pues el uso que el hombre pueda darle al suelo depende, en buena parte, de las propiedades físicas del mismo. Estas determinan el grado de sostén, la profundidad de penetración de las raíces, la aereación, el movimiento del agua, la plasticidad y la retención o el lavado de los nutrientes (Rucks *et al.*, 2004). Dentro de las propiedades físicas, la retención de agua en el suelo resulta de gran importancia a la hora de conocer las necesidades de agua de las plantas, la infiltración, el drenaje, la conductividad hidráulica, el riego, el estrés hídrico de las plantas y el movimiento de los solutos (Kern, 1995).

Los suelos Ferríticos, también conocidos como Oxisoles (Soil Survey Staff, 1999; 2010) o Ferralsoles (FAO-UNESCO, 1989), se han formado a partir de rocas ultrabásicas, como resultado de las transformaciones químicas propias de las regiones tropicales o subtropicales húmedas o de humedad variable (Soil Survey Staff, 1999).

La pérdida casi total de la sílice y un elevado contenido, por encima del 50%, de sesquióxidos de hierro con presencia de hematita, goetita, gibsita y otros minerales secundarios arcillosos del tipo 1:1 hace que tengan una relación  $\text{Si}_2\text{O}_3:\text{R}_2\text{O}_3$  por debajo de la unidad (Baisre y Cárdenas, 1984; Hernández *et al.*, 1999; Cairo y Fundora, 2005). Se caracterizan, además, por su baja Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y por el alto grado de acidez (Hernández *et al.*, 1999; Morales *et al.*, 2001). Su principal proceso de formación ha sido la ferritización desarrollada en un medio rico en hierro total (Cuéllar *et al.*, 2002) y se encuentran en un estado superior de evolución en sus diferentes fases de desarrollo (Bennett y Allison, 1966). Se caracterizan además por un régimen de humedad del suelo que puede ser arídico, perúdico o ácuico. Por lo que los tipos de vegetación van desde selvas lluviosas forestales hasta sabanas desérticas (Soil Survey Staff, 1999).

Por las razones antes expuestas, con el trabajo se propone determinar el estado hidrofísico de los suelos Ferríticos Rojos Oscuros típicos de Pinares de Mayarí bajo diferentes coberturas vegetales.

## **Desarrollo.**

### **Materiales y métodos**

El trabajo se realizó, en el año 2012, en suelos Ferríticos Rojos Oscuros típicos (Hernández *et al.*, 1999). Se seleccionaron cuatro usos de la tierra por la extensión superficial que representan en la zona conocida como Pinares de Mayarí, dentro de la subregión geográfica del Altiplano de Nipe. Los usos fueron: *Caña de azúcar*, *Pasto natural*, *Bosque de pinos* y *Bosque mixto*.

Para la selección de las áreas fueron utilizados el Mapa de Suelos 1:25000 (Instituto de Suelos, 1975) e imágenes satelitales Landsat (1 m de resolución) mediante el **Mapinfo Professional 10.0**; y se efectuaron recorridos a pie por los sitios escogidos. Posteriormente se realizó un muestreo aleatorio estratificado. Las áreas escogidas dentro de cada uso fueron divididas en un número determinado de parcelas de 50x50 m (2500 m<sup>2</sup>), a cada parcela (celda) se le superpuso una rejilla más densa formada por 50 subparcelas de 5x10 m (50 m<sup>2</sup>). Una vez conocidas la cantidad y el orden de las parcelas se procedió, para elegir una parcela de forma aleatoria, al utilizar en el **Microsoft Visual FoxPro for Windows 5.0**, el comando:

```
?int((j - i + 1) * rand() + i)
```

Luego de seleccionada la parcela, se repitió la operación en el **Visual FoxPro** para escoger dentro de la parcela seleccionada 5 subparcelas, también de forma aleatoria. La toma de muestras de suelo se realizó en el centro de cada subparcela, tomándose tres muestras por punto en los horizontes A1, A3 y B1.

La caracterización hidrofísica se realizó según las ecuaciones planteadas en la metodología propuesta por Cid *et al.* (2004), Cid *et al.*, (2006). Estos autores consideran al suelo como un cuerpo trifásico (con una fase sólida, líquida y gaseosa) a la hora de emplear la mecánica de suelos para detallar los parámetros más usados para relacionar la masa y el volumen de los tres constituyentes fundamentales del suelo.

- Humedad gravimétrica ( $\theta_g$ ) 
$$\theta_g = \frac{M_w}{M_s} (g\ g^{-1})$$
- Masa de volumen de suelo ( $D_s$ ) 
$$D_s = \frac{M_s}{V_t} (M\ g\ m^{-3})$$
- Masa volumétrica de sólidos ( $D_{fs}$ ) 
$$D_{fs} = \frac{M_s}{V_s} (M\ g\ m^{-3})$$
- Humedad volumétrica ( $\theta_v$ ) 
$$\theta_v = \theta_g * D_s \quad (cm^3\ cm^{-3})$$
- Porosidad total ( $P_t$ ) 
$$P_t = 1 - \frac{D_s}{D_{fs}}$$
- Porosidad ocupada por el agua ( $P_w$ ) 
$$P_w = \frac{V_w}{V_t} = \theta_v$$
- Porosidad ocupada por el aire ( $P_a$ ) 
$$P_a = P_t - P_w$$

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó el paquete estadístico **Estadística 8.0**. El procesamiento de los datos se realizó mediante las comparaciones múltiples de Duncan a un 95% de probabilidades.

## Resultados y discusión

La figura 1 muestra los valores alcanzados por las humedades gravimétrica y volumétrica en los cuatro usos de la tierra. En el caso de la humedad gravimétrica los mayores resultados se obtuvieron en el uso *Bosque de pinos*, con  $0.38 \text{ g g}^{-1}$ . En los usos *Caña de azúcar*, *Pasto natural* y *Bosque mixto* la humedad gravimétrica fue de  $0.25$ ,  $0.24$  y  $0.20 \text{ g g}^{-1}$ , respectivamente. Se encontraron diferencias altamente significativas entre los valores determinados en el bosque de pinos y el resto de los Tipos de Utilización de la Tierra. No se encontraron diferencias entre *Caña de azúcar* y *Pasto natural*, este último tampoco difiere significativamente de *Bosque mixto*.

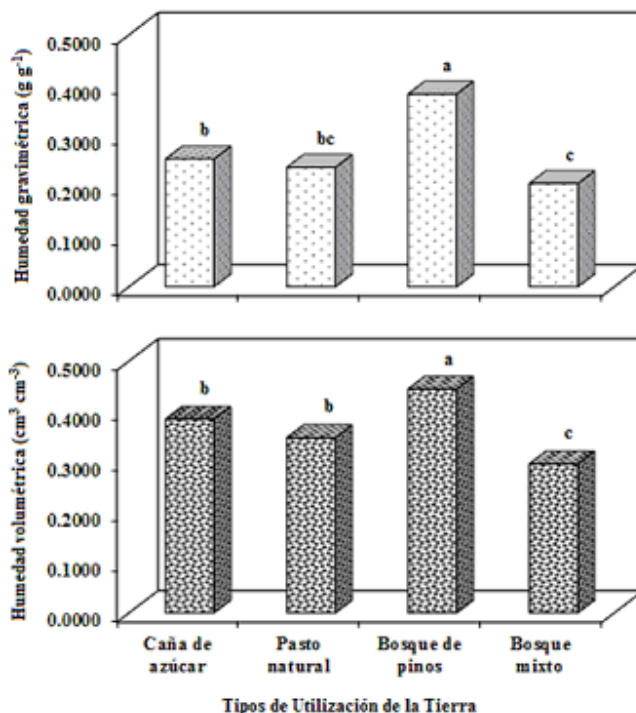


Figura 1.- Comportamiento de la humedad en términos de masa como constituyente del suelo referido a la masa de los sólidos y volumen de suelo en los Ferríticos rojos Oscuros típicos de Pinares de Mayarí según la cobertura vegetal.

Todos los valores determinados se encuentran por debajo de la unidad, lo cual coincide con lo planteado por Cid *et al.* (2006) para la mayoría de los suelos agrícolas, independientemente del grado de saturación por agua.

Con respecto a la humedad volumétrica también se encontraron diferencias altamente significativas entre los usos de la tierra. Al igual que en el caso de la humedad gravimétrica, en el *Bosque de pinos* es donde mayor humedad volumétrica existe ( $0.44 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ), seguido por *Caña de azúcar* (con  $0.38 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) y *Pasto natural* ( $0.35 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ); entre ambos usos no existen diferencias significativas. Todos los usos difieren significativamente de *Bosque mixto*.

Estos resultados se manifiestan similares con los obtenidos por Costa *et al.* (2003) para diferentes sistemas de preparación de tierra en experimentos de larga duración sobre Oxisoles plantados con soya y bosque nativo aledaño al área experimental, que alcanzaron un rango de humedad volumétrica entre  $0.34$  y  $0.43 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$ .

La figura 2 muestra que, en el caso de la densidad del suelo, no existen diferencias significativas entre *Caña de azúcar*, *Pasto natural* y *Bosque mixto*, donde se encontró que dicha propiedad física posee valores de 1.55, 1.48 y 1.45  $\text{Mg m}^{-3}$ . Los tipos de utilización de la tierra antes mencionados tienen diferencias altamente significativas con *Caña de azúcar* que posee una densidad del suelo de 1.17  $\text{Mg m}^{-3}$ . Rodrigues *et al.* (2009) en Oxisoles del Estado de Río Grande do Sul, Brasil, plantados comercialmente con la rotación tradicional de cultivos de la región (maíz-avena-soya-trigo) encontraron rangos de entre 1.38-1.58  $\text{Mg m}^{-3}$  de densidad del suelo.

Tormena *et al.* (2008) al comparar la densidad del suelo en Oxisoles con distintos usos de la tierra encontraron que esta era de 1.52  $\text{Mg m}^{-3}$  en áreas bajo bosque semidecuido nativo. Mientras que en zonas dedicadas a diversas actividades agrícolas, como los cultivos anuales con una preparación de tierra convencional o dedicadas a la producción de pastos, estos autores encontraron valores de 1.86 y 1.75  $\text{Mg m}^{-3}$ , respectivamente. De la misma forma Balarezo *et al.* (2007) en áreas contiguas bajo bosque virgen y dedicadas a pasto, registraron una menor densidad aparente en el primer uso de la tierra mencionado. A su vez Moreira *et al.* (2012), en áreas bajo pastoreo en un sistema de integración agropecuario en Oxisoles del estado de Paraná, determinó una densidad del suelo ligeramente menor a la encontrada en *Pasto natural* de Pinares de Mayarí.

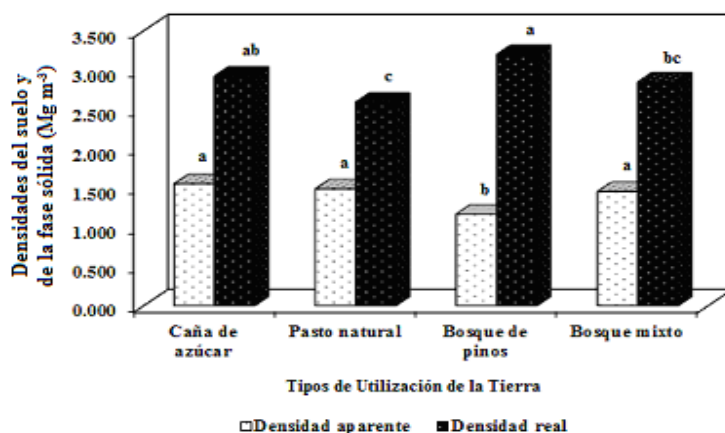


Figura 2.- Comportamiento de los constituyentes del suelo, referidos a volumen de suelo y de sólidos en términos de masa.

A su vez, Torres *et al.* (2011) al evaluar los suelos Oxisoles de la región nordeste del estado de Paraná, determinó en áreas de *Caña de azúcar*, *Pasto* y *bosque estacional semidecuido* una disminución progresiva de la  $D_s$  en ese mismo orden. También Costa *et al.* (2003), al comparar el efecto a largo plazo de dos sistemas de preparación de tierra (labranza convencional y siembra directa) en experimentos de larga duración plantados con soya en Oxisoles con el estado de las propiedades físicas del suelo en un bosque adyacente al área de estudio, encontraron que el uso agrícola de los suelos provoca un aumento de la  $D_s$ , independientemente del tipo de manejo empleado.

Algo semejante ocurre en un Rhodic Ferralsol del noroeste del estado de Paraná en Brasil, donde Araujo *et al.* (2004) determinaron que la densidad del suelo era mayor en un área cultivada de manera tradicional que en otra ocupada por un bosque semidecuido estacional. Por otra parte, Baquero *et al.* (2012) al determinar la densidad del suelo en plantaciones de caña de

azúcar en Oxisoles ubicados en el mismo estado no observaron diferencias significativas entre los diferentes tipos de manejo; pues encontraron valores promedio, en los primeros 40 cm, de 1.46-1.49 Mg m<sup>-3</sup>. Al comparar estos resultados con los obtenidos en áreas de vegetación boscosa (1.19 Mg m<sup>-3</sup>), sí se determinó que existen diferencias significativas.

A resultados similares, al comparar los suelos bajo vegetación originaria considerados como representativos de una condición estructural original, con áreas bajo diferentes usos arribaron Rosa *et al.* (2003), Spera *et al.* (2004), Abrishamkesh *et al.*, (2011) y Torres (2011).

Con respecto a la densidad de la fase sólida, *Bosque de pinos* es el de mayor valor, con 3.1976 Mg m<sup>-3</sup> seguido de *Caña de azúcar* (2.9222 Mg m<sup>-3</sup>). Entre ambos usos no existen diferencias significativas. El uso de la tierra *Bosque de Pinos* si difiere de forma altamente significativa de *Bosque mixto* (2.8467 Mg m<sup>-3</sup>) y de *Pasto natural* (2.5888 Mg m<sup>-3</sup>).

También con respecto a la densidad de la fase sólida Ghidin *et al.* (2006) encontraron valores similares en la porción sur de la Meseta Brasileña, en el estado de Paraná, Brasil, donde la densidad de la fase sólida fue de 2.81-3.07 Mg m<sup>-3</sup>. También encontró resultados aproximados la Dirección General de Suelos y Fertilizantes (1984) para los suelos de la serie Nipe (Ferríticos); a los que da una Densidad de la fase sólida de 3.20 Mg m<sup>-3</sup>.

Estos resultados resultan ligeramente superiores, comparados con los obtenidos por Pedrotti *et al.* (2003) en los horizontes superficiales y subsuperficiales de Oxisoles del sur de Minas Gerais, que encontraron en los horizontes A y Bw, densidades de la fase sólida de 2.63 hasta 2.85 Mg m<sup>-3</sup>.

También Oliveira *et al.* (2003), en parcelas experimentales sobre Oxisoles bajo diferentes usos y manejos, vegetación nativa (sabana), siembra directa y preparación de tierra tradicional, pertenecientes al Embrapa-Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina (DF), determinaron que la densidad de la fase sólida varía entre 2.63-2.72 Mg m<sup>-3</sup>, en la profundidad de 0-5 cm y entre 2.65-2.67 Mg m<sup>-3</sup>, de 20-30 cm.

La figura 3 muestra los resultados de las porosidades del suelo. Con respecto a la porosidad total, el uso *Bosque de pinos* (en el que dicha propiedad física alcanzó un porcentaje de 63.27%) muestra diferencias altamente significativas con el resto de los usos. Se encontraron valores de 48.40, 46.90 y 42.53% en *Bosque mixto*, *Caña de azúcar* y *Pasto natural*, respectivamente.

Cuando el suelo se encuentra bajo una buena cobertura vegetal, como es el caso de las áreas bajo bosque virgen, la intensa actividad biológica que se desarrolla favorece una mejor formación y estabilidad de los agregados (Albuquerque *et al.*, 2001). A su vez, Pedrotti *et al.* (2003), en el sur del estado de Minas Gerais, encontraron en varios Oxisoles valores de porosidad total de entre un 58 y un 67%.

Igual pauta muestra *Bosque de pinos* en la porosidad ocupada por el agua o (microporosidad) y la ocupada por el aire o macroporosidad. En el caso de la microporosidad, *Bosque de pinos* (44.42%) continúa con diferencias altamente significativas al comparar los valores de este TUT con los de *Caña de azúcar* (38.45%), *Pasto natural* (34.74%) y *Bosque mixto* (29.55%). De igual forma *Bosque de pinos* y *Bosque mixto*, ambos con 18.85%, muestran mayor macroporosidad que los usos *Caña de azúcar* y *Pasto natural*, cada uno con 8.45 y 7.79%.

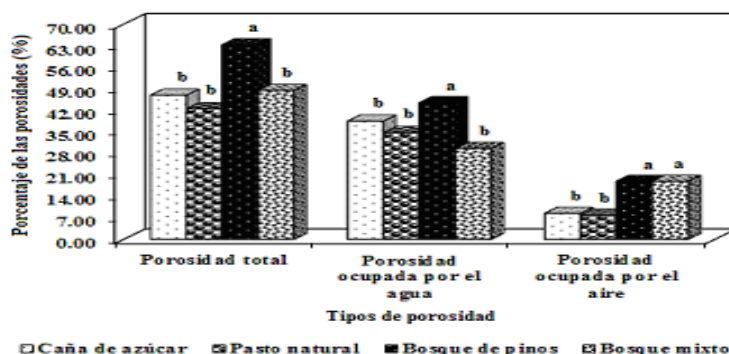


Figura 3.- Comportamiento de los constituyentes de suelo referidos al volumen de suelo en términos de volumen.

De la misma manera, Torres *et al.* (2011) hallaron, en Oxisoles de la región nordeste del estado de Paraná, que la porosidad total en un bosque estacional semidecidual era mayor (30-43%) que en áreas cultivadas con pasto, yuca y caña de azúcar sobre el mismo suelo. En este último cultivo la porosidad total determinada alcanzó un rango de 18-26%. Al mismo tiempo se determinó, en el caso del área boscosa, que la porosidad de aereación era mayor que la del agua.

También Baquero *et al.* (2012) encontraron diferencias significativas al comparar la porosidad ocupada por el agua de un bosque nativo con la existente en plantaciones cañeras con diferentes manejos, en Oxisoles del Estado de Paraná en Brasil. De la misma forma, estos autores señalan que un incremento de la Densidad aparente trae aparejado un decrecimiento en la porosidad ocupada por el agua.

Valores de microporosidad mayores que los de macroporosidad, independientemente del Tipo de utilización de la Tierra, determinaron Pedrotti *et al.* (2003), Baralezo *et al.* (2007) y Gontijo *et al.* (2008).

### Conclusiones.

Los mayores valores de humedad gravimétrica y volumétrica se obtuvieron en el uso *Bosque de pinos*, con valores de  $0.38 \text{ g g}^{-1}$  y  $0.44 \text{ cm cm}^{-3}$ , respectivamente. Entre este y el resto de los usos de la tierra se encontraron diferencias altamente significativas.

En el caso de la densidad del suelo no se encontraron diferencias significativas entre *Caña de azúcar*, *Pasto natural* y *Bosque mixto*, donde la densidad del suelo posee valores de 1.55, 1.48 y  $1.45 \text{ Mg m}^{-3}$ . Los tipos de utilización de la tierra antes mencionados tienen diferencias altamente significativas con el uso *Bosque de pinos* que posee una densidad del suelo de  $1.1661 \text{ Mg m}^{-3}$ . En el caso de la densidad de la fase sólida, también se encontraron diferencias altamente significativas entre *Bosque de pinos* ( $3.20 \text{ Mg m}^{-3}$ ) y usos *Bosque mixto* ( $2.85 \text{ Mg m}^{-3}$ ) y *Pasto natural* ( $2.59 \text{ Mg m}^{-3}$ ). *Bosque de pinos* no difiere del uso *Caña de azúcar* ( $2.92 \text{ Mg m}^{-3}$ ).

La mayor porosidad total se encontró en el uso *Bosque de pinos* (63.27%), el cual muestra diferencias altamente significativas con el resto de los usos. Se encontraron valores de 48.40, 46.90 y 42.53% en *Bosque mixto*, *Caña de azúcar* y *Pasto natural*, respectivamente. En el caso de la microporosidad, el *Bosque de pinos* (44.42%) continúa con diferencias altamente

significativas al comparar los valores de este uso con los de *Caña de azúcar* (38.45%), *Pasto natural* (34.74%) y *Bosque mixto* (29.55%). De igual forma *Bosque de pinos* y *Bosque mixto*, ambos con 18.85%, muestran mayor macroporosidad que los usos *Caña de azúcar* y *Pasto natural*, cada uno con 8.45 y 7.79%.

## **Bibliografía.**

- Abrishamkesh, S., Gorji, M. y Asadi, H. (2011). Long-term effects of land on soil aggregate stability. *International Agrophysics*, 25, 103-108.
- Albuquerque, J. A., Sangoi, L. y Ender, M. (2001). Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. *Brasileira do Ciencia do Solo*, 25, 717-723.
- Araujo, M. A., Tormena, C. A. y Silva, A. P. (2004). Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. *Brasileira de Ciência do Solo*, 28,337-345.
- Baisre, J. y Cárdenas, A. (1984). Aproximación a una definición del proceso de ferritización en los suelos de Cuba. *Ciencias de la Agricultura*, 20, 53-57.
- Baquero, J. E., Ralisch, R., Medina, Cristiane de Conti, Tavares, J. y Guimarães, Maria de Fátima. (2012). Soil physical properties and sugar cane root growth in a Red Oxisol. *Brasileira de Ciência do Solo*, 36, 63-70.
- Balarezo Giarola, Neyde Fabíola, Tormena, C. A. y Cassol Dutra, A. (2007). Degradação física de um Latossolo Vermelho utilizado para produção intensiva de forragem. *Brasileira de Ciência do Solo*, 31, 863-873.
- Bennett, H. H. y Allison, R. V. (1966). Los suelos de Cuba. Edición Revolucionaria. La Habana, 375.
- Cid Lazo, G., Herrera, J., Sierra, L. O. y López Seijas, Teresa. (2004). Metodología para el manejo hidropedológico de los suelos con arcillas dilatables en Cuba. Parte I: parámetros fundamentales para la caracterización física de los suelos. *Ciencias Técnicas agropecuarias*, 13(3),7-12.
- Costa, F. S., Albuquerque, J. A., Bayer, C., Fontoura, S. M. V. y Wobeto, C. (2003). Propriedades físicas de un Latossolo bruno afetadas pelos sistemas plantio direto y preparo convencional. *Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 527-535.
- Cuéllar, I., Villegas, R., de León, M. y Pérez, H. (2002). Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba. Ediciones Publinica. La Habana, 127.
- Dirección General de Suelos y Fertilizantes. (1984). Manual de interpretación de los suelos. Editorial Científico-Técnica. La Habana, 136.
- FAO-UNESCO. (1989). Soil map of the world, Revised Legend. FAO, Roma/ISRIC, Wageningen, 138.
- Ghidin, A. A., de Freitas Melo, V., Costa Lima, V. y Jonasson Costa Lima, Jane Maria. (2006). Topossequências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. II.- Relação entre mineralogia da fração argila e propriedades físicas dos solos. *Brasileira de Ciência do Solo*, 30,307-319.
- Gontijo, I., de Souza Dias Jr., M., Gontijo Guimarães, P. T. y Araujo Jr, C. F. (2008). Atributos físico-hídricos de um Latossolo de cerrado em diferentes posições de amostragem na lavoura cafeeira. *Brasileira de Ciência do Solo*, 32,2227-2234.
- Hernández Jiménez, A., Pérez Jiménez, J. M., Bosch Infante, D., Rivero Ramos, L. y Camacho Díaz, E. (1999). Nueva Versión de Clasificación Genética de los suelos de Cuba. AGRINFOR, Ministerio de la Agricultura. La Habana, 64.



- Jaramillo, D. F. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín, 613.
- Kern, J. S. (1995). Evaluation of soil water retention models based on basic soil physical properties. *Soil Science Society of America*, 59(4),1134-1141.
- Morales, M., Hernández, A., Vantour, A., Soto, F. y Baisre, J. (2001).Factores limitantes agroproductivos en el macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa. *CD-ROM Memorias del XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo*. Varadero.
- Oliveira, G. C., Dias, M. S., Curi, N. y Resck, D. V. S. (2003). Compressibilidade de um Latossolo Vermelho argiloso de acordo con a tensão de agua no solo, uso e manejo. *Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 773-781.
- Pedrotti, A., Ferrerira, M. M., Curi, N., Silva, M. L. N., Lima, J. M. y Carvalho, R. (2003). Relação entre atributos físicos, mineralogía da fração argila e formas de aluminio no solo. *Brasileira de Ciência do Solo*, 27,1-9.
- Rodrigues Da Silva, V., Reichert, J. M., Reinert, D. J. y Campanhola Bortoluzzi, E. (2009). Soil water dymanics related to the degree of compaction of two brazilians Oxisols under no-tillage. *Brasileira de Ciência do Solo*, 33,1097-1104.
- Rucks, L., García, F., Kaplan, A., Ponce de León, J. y Hill, M. 2004. Propiedades físicas del suelo. Facultad de agronomía, Universidad de la República. Montevideo, 68.

**Fecha de recibido: 10 jul. 2013**

**Fecha de aprobado: 14 sep. 2013**