

MECANIZACIÓN AGRÍCOLA

ARTÍCULO ORIGINAL

Influencia de dos sistemas de labranza sobre las propiedades físicas de un suelo Ferralítico rojo

Influence of Two Tillage Systems About the Physical Properties of a Red Ferralitic Soil

M.Sc. José Antonio Martínez-Cañizares, M.Sc. Amaury Rodríguez-González, M.Sc. Mayra Wong-Barreiro
Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba.

RESUMEN. La utilización de tecnologías conservacionistas constituye una alternativa para atenuar los problemas relacionados con la degradación de los suelos, causados por el uso intensivo de la maquinaria agrícola. Basados en este principio, en el presente trabajo se realiza una investigación de dos sistemas de labranza de suelo (tradicional y conservacionista) con el objetivo de determinar la influencia de los mismos sobre algunas propiedades físicas de los suelos. La investigación se realizó en un suelo ferralítico rojo compactado del área experimental del Instituto de Ingeniería Agrícola localizada en el municipio Alquizar en cultivos de frijol, maíz y boniato. Se utilizó un diseño experimental en parcela simple para la evaluación de las variables densidad aparente, humedad gravimétrica y resistencia a la penetración en los cultivos estudiados. Como resultado se obtuvo que en los sistemas de labranza tradicional y conservacionista la densidad aparente, al inicio y final del período de la investigación, disminuyera en un 0,33 y 29 %, la resistencia a la penetración aumentó en 9,67 kg/cm² respecto al valor inicial obtenido, mientras que en la labranza conservacionista la disminución fue en 13,26 kg/cm². Todos estos resultados demuestran el efecto favorable de la labranza conservacionista sobre el suelo si se compara con la tecnología tradicional de labranza.

Palabras clave: Densidad aparente, resistencia a la penetración, compactación, tradicional, conservacionista

ABSTRACT. The use of conservationist technologies is an alternative to mitigate the problems related to the degradation of soils, caused by the intensive use of agricultural machinery. Based on this principle, in the present work an investigation of two systems of soil tillage (traditional and conservationist) is carried out in order to determine the influence of these on some physical properties of soils. The research was carried out in a compacted red ferralitic soil from the experimental area of the Institute of Agricultural Engineering located in the Alquizar municipality in bean, corn and sweet potato crops. An experimental design was used in a simple plot for the evaluation of the variables apparent density, gravimetric humidity and resistance to penetration in the studied crops. As a result, it was obtained that in traditional and conservation tillage systems the apparent density, at the beginning and end of the research period, decreased by 0.33 and 29%, the resistance to penetration increased by 9.67 kg / cm² with respect to the initial value obtained, while in conservation tillage the decrease was 13.26 kg / cm². All these results demonstrate the favorable effect of conservation tillage on the soil compared to traditional tillage technology.

Keywords: Apparent density, resistance to penetration, compaction, traditional, conservationist

INTRODUCCIÓN

Algunos autores coinciden en plantear que la labranza es un componente esencial en el proceso de establecimiento y desarrollo de los cultivos, además de ser crucial para el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos (Font, 2013; Wong, 2016). Esta afirmación se sustenta en el hecho de que las características físicas del suelo se ven alteradas, como

son su composición granulométrica, textura, color, estructura, densidad, porosidad, consistencia, permeabilidad y temperatura posibilitando la absorción del agua y de los diferentes nutrientes. (Martín, 2006; Font, 2014).

La labranza tradicional, tal y como plantean Almeida 2010; Fernández *et al.* 2012; Arvidsson y Hakansson, 2014; Martínez,

2014; Rodríguez *et al.*, 2015; Rodríguez *et al.*, 2016; FAO 2016, produce modificaciones generalmente desfavorables desde el punto de vista de la conservación de algunas propiedades de los suelos lo que se traduce en una degradación integral de este recurso. De manera contraria, la labranza de conservación que puede incluir una amplia variedad de métodos, permite dejar en la superficie del suelo el 30 % o más de los residuos de la cosecha precedente. Este sistema reduce el escurrimiento, la erosión, conserva la materia orgánica e incrementa la retención de humedad. (Sun, 1992; Venegas, 1990, Martínez, *et al.*, 2016).

En Cuba, a pesar de los avances alcanzados en el campo de la investigación en materia de laboreo, aún prevalece la labranza tradicional. Esta tecnología, caracterizada por el gran número de pases de aperos, trae aparejada no solo elevados gastos por el mayor uso de máquinas, aperos y fuerza de trabajo sino también la elevación del nivel de compactación del suelo, facilita la erosión al destruir los agregados del suelo y los restos vegetales. (Martínez, 2014). El uso intensivo y a gran escala de este tipo de labranza ha contribuido a la degradación de los suelos cubanos, cifra que se estima en más del 40% según Olivera (2012), en particular los suelos Ferralíticos Rojos de la llanura Habana- Matanzas.

Teniendo en cuenta esta problemática, el Ministerio de la Agricultura se ha trazado como una de sus estrategias la implementación de varios programas para la rehabilitación de los suelos a escala nacional. Sus principios se agrupan en lo que se conoce por Uso, Manejo, Conservación y Mejoramiento de Suelos (Instituto de Suelos, 2001), para lo cual la implementación de nuevas tecnologías mecanizadas constituye uno de los objetivos para dar cumplimiento a esta tarea.

La estación experimental del Instituto de Ingeniería Agrícola, ubicada en el municipio Alquizar, constituye un área donde sus tierras han sido trabajadas por más de 30 años mediante la tecnología tradicional de labranza, lo cual que ha ocasionado grandes problemas de degradación de sus áreas agrícolas. Basados en esta problemática y teniendo en cuenta las repercusiones futuras sobre la productividad de sus suelos, esta institución se ha trazado como una de sus líneas de investigación la aplicación de nuevas tecnologías de labranza que contribuyan a atenuar los impactos negativos de las tecnologías tradicionales de labranza de los suelos. Basados en esto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la influencia de dos sistemas de labranza sobre algunas de las propiedades físicas de un suelo Ferralítico del

área experimental del Instituto de Ingeniería Agrícola.

MÉTODO

Descripción área experimental

La investigación se desarrolló en un área experimental de la Unidad de Ciencia y Tecnología de Base (UCTB) Pulido situada en el municipio Alquizar perteneciente a la provincia Artemisa (Latitud 22046' 49,2" N y Longitud 820, 36' 06,69" W), en un suelo ferralítico rojo subtipo compactado (Hernández *et al.* (1999) con relieve llano y microrelieve ligeramente ondulado. El período de la investigación abarcó los años 2015 y 2016. Se evaluaron tres cultivos: frijol, boniato y maíz.

Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental en parcelas simples (tres bloques por parcelas). (Lerch, 1977; Martínez *et al.* 2016).

Sistemas de labranza utilizados

En este trabajo las propiedades físicas se evaluaron bajo los sistemas de labranza: el tradicional (inversión del prisma) y el conservacionista (sin inversión del prisma) (Martínez *et al.* 2016).

Variables Evaluadas

Densidad aparente (D_a) y humedad gravimétrica del suelo (H): El muestreo se realizó por el método de los cilindros (Norma ISO 11272, 2003; PNO 23-03, 2012) en tres puntos a lo largo de la diagonal del bloque y en tres horizontes de suelo de 0-10, 10-20 y 20-30 cm de profundidad, al inicio y final del ciclo del cultivo.

Los datos se procesaron a través de las expresiones siguientes:

$$D_a = \frac{md}{V} \quad (1)$$

donde

D_a -densidad aparente (g/cm^3);

md- masa en gramos de la muestra secada a 105 °C (g);

V- volumen en centímetros cúbicos del cilindro retenedor (cm^3).

$$H = \frac{\text{peso de suelo húmedo} - \text{peso de suelo seco}}{\text{peso suelo seco}} \times 100 \quad (2)$$

donde

H-humedad del suelo, %;

Peso de suelo húmedo, g;

Peso suelo seco, g.

Resistencia a la penetración (R_p): Se midió en los mismos puntos de muestreo y a las profundidades establecidas con el auxilio de un compactómetro de cono de lectura directa.

El procesamiento estadístico de los datos experimentales se realizó mediante una hoja de cálculo Excel mediante la cual se organizaron los datos experimentales y se determinaron los principales estadígrafos para la densidad aparente. También para esta variable se realizó una prueba t de Student para muestras independientes con el objetivo de determinar la diferencia entre las medias con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los valores de la densidad aparente de los cultivos estudiados bajo los sistemas de labranza tradicional y conservacionista.

TABLA 1. Densidad aparente en el ciclo de los cultivos sembrados

Cultivo	Horizonte; cm	Densidad aparente; g/cm ³			
		LT		LC	
		Inicio	Final	Inicio	Final
FRIJOL	0-10	1,05	0,92	1,14	0,93
	10-20	1,01	0,96	1,30	0,98
	20-30	0,97	0,94	1,30	1,05
BONIATO	0-10	0,92	1,07	1,07	1,09
	10-20	0,97	0,95	0,95	1,02
	20-30	0,94	0,99	1,01	1,01
MAIZ	0-10	1,07	1,02	1,09	0,97
	10-20	0,95	1,02	1,02	0,96
	20-30	1,01	0,98	1,01	0,94
t student	0-30	0,90		0,03	

En el caso del frijol, esta variable medida al inicio del experimento en el sistema de labranza tradicional disminuye a lo largo del perfil, alcanzando su valor más alto en los primeros 10 cm debido a los sucesivos pases de maquinaria a esta profundidad. La medición al final muestra un comportamiento diferente según el horizonte de suelo, apreciándose un incremento de la densidad a medida que se descende en el perfil hasta llegar a los 20 cm de profundidad; a partir de aquí y hasta los 30 cm una disminución de la variable.

En el sistema de labranza conservacionista el valor inicial de la densidad aparente entre los 0-10 cm es de 1,14 g/cm³, aumentando hasta alcanzar el valor constante de 1,30 g/cm³ desde 10 hasta los 30 cm. Al final las densidades registradas aumentan a medida que aumenta la profundidad en que se toman las muestras.

Al evaluar comparativamente la densidad aparente al inicio con respecto al final, tanto en la labranza tradicional como en la conservacionista se observa que esta va disminuyendo a medida que se pasa de un horizonte a otro.

En el boniato, la densidad al inicio mostró incrementos a medida que se profundizó en el suelo, con una ligera disminución en el horizonte de 20-30 cm, observándose al final que de 0-10 cm la variable aumentó, disminuyendo posteriormente en los dos horizontes siguientes, debido probablemente al efecto de los implementos. En la parcela con labranza conservacionista se observa al inicio y final de los muestreos una disminución de esta variable.

Para el maíz con el sistema de labranza tradicional la densidad inicial en el horizonte de 0-10 cm alcanzó el valor de 1,07 g/cm³,

superior al obtenido en el horizonte de 10-20 cm, con un posterior aumento en el de 20-30 cm. La densidad aparente final no varió en los horizontes de 0-10 y 10-20 cm, sin embargo, disminuyó a partir de los 20 cm. En la parcela con labranza conservacionista la densidad, al inicio y final disminuyó desde los 0-30 cm.

Al término de la investigación, se observó una disminución en el comportamiento de la densidad aparente al inicio con respecto final de un 0,3% en el sistema de labranza tradicional y de un 29 % en el la labranza conservacionista. En sentido general y para las condiciones de este suelo, la densidad aparente en el horizonte de 0-30 cm alcanzó valores entre 0,92 y 1,30 g/cm³, superiores a los reportados por algunos autores (Carrillo, 1979); (Hernández, 1985). Sin embargo, este resultado coincide con los alcanzados por Santana y Fuentes (1998), los cuales plantean que la densidad, para la mayoría de los suelos, oscila entre 1,1 y 1,5 g/cm³ partiendo desde las arcillas hasta las arenas.

Como resultado del análisis estadístico mediante la prueba t student entre las medias de la densidad aparente al inicio y al final del periodo de la investigación, se comprobó que en el sistema de labranza tradicional, no se observaron diferencias significativas entre los valores obtenidos ya que p>0,05, sin embargo en el sistema de labranza conservacionista si existen diferencias significativas debido a que p<0,05.

En la Tabla 2 se presentan los resultados del cálculo de los principales estadígrafos para la variable densidad aparente en los dos sistemas de labranza estudiados.

TABLA 2. Principales estadígrafos para la variable densidad aparente

Cultivo	Horizonte; cm	Densidad aparente; g/cm ³											
		Varianza				Desviación estándar				Coeficiente de variación			
		LT		LC		LT		LC		LT		LC	
		Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
FRIJOL	0-10	0,002	0,007	0,005	0,002	0,04	0,09	0,07	0,04	3,84	9,31	6,25	4,25
	10-20	0,019	0,016	0,001	0,005	0,14	0,13	0,04	0,07	13,69	13,00	2,86	7,53
	20-30	0,005	0,011	0,028	0,011	0,07	0,10	0,17	0,10	7,59	11,03	12,86	9,94

Cultivo	Horizonte; cm	Densidad aparente; g/cm ³											
		Varianza				Desviación estándar				Coeficiente de variación			
		LT		LC		LT		LC		LT		LC	
		Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
BONIATO	0-10	0,007	0,008	0,008	0,042	0,09	0,09	0,09	0,21	9,31	8,20	8,20	18,90
	10-20	0,013	0,013	0,013	0,021	0,11	0,12	0,15	0,15	11,74	12,19	12,19	14,29
	20-30	0,011	0,017	0,020	0,012	0,10	0,13	0,14	0,11	11,03	13,05	13,80	10,85
MAIZ	0-10	0,008	0,001	0,042	0,003	0,09	0,03	0,21	0,05	8,20	3,31	18,90	5,60
	10-20	0,013	0,002	0,021	0,001	0,12	0,04	0,15	0,02	12,19	4,17	14,29	2,56
	20-30	0,020	0,002	0,012	0,005	0,14	0,04	0,10	0,07	13,80	4,63	10,85	7,71

Humedad del suelo

La Tabla 3 presenta el contenido de humedad del suelo en el momento de la determinación de la densidad aparente para los tres cultivos de referencia.

TABLA 3. Humedad del suelo en los diferentes perfiles del suelo para los cultivos sembrados

Cultivo	Horizonte; cm	Humedad; %			
		LT		LC	
		Inicio	Final	Inicio	Final
FRIJOL	0-10	20,33	36,67	25,25	34,00
	10-20	20,68	39,67	28,97	39,67
	20-30	23,46	37,80	29,49	34,40
BONIATO	0-10	36,67	36,56	34,00	36,56
	10-20	39,67	33,89	39,67	33,89
	20-30	37,80	33,56	33,56	33,56
MAIZ	0-10	36,56	34,42	39,11	34,10
	10-20	33,89	35,70	33,89	35,91
	20-30	33,56	35,70	33,56	38,07

En el caso del frijol, la humedad al inicio registró valores que se encuentran entre el 20 y el 29,49 % en las dos parcelas donde se realizó el muestreo, resultado que se corresponde a que el mismo antes del muestreo permaneció al descubierto y la incidencia directa de los rayos solares originó la evaporación y la pérdida de agua en el perfil, alcanzando valores al final entre 34–39,67 %. En el boniato la humedad inicial estuvo en el rango de 33-39,67 % y la final 33-36,56%. En el maíz, la humedad inicial alcanzó valores desde 33-39,11% y la final desde 33% hasta 39,11%, observándose que las fluctuaciones de las humedades no son considerables.

Resistencia a la penetración

La Tabla 4 muestra los valores de la resistencia a la penetración en ambos sistemas de labranza. Según se aprecia, estos van variando al pasar de un horizonte de suelo a otro; conside-

rándose elevados de acuerdo con lo citado por Martínez *et al.* (2016), motivado por el manejo de este suelo con tecnologías de labranzas agresivas durante largo tiempo y que aún no han posibilitado atenuar el efecto de la compactación.

Se aprecia en los tres cultivos que la resistencia a la penetración inicial en ambos sistemas de labranza, mantiene sus valores más altos en los primeros 20 cm; efecto que se percibe de manera más acentuada en la labranza tradicional debido al peso de los implementos utilizados y la acción compactadora de sus discos lo cual causa el sellamiento de los poros, de ahí que el suelo muestre mayor resistencia a ser penetrado tal y como indican los valores alcanzados. Producto del movimiento del suelo, los valores de resistencia final en el sistema tradicional experimentan cambios poco notables con respecto al inicial; sin embargo, este comportamiento en el sistema conservacionista es inverso, observándose una disminución de esta variable.

TABLA 4. Resistencia a la Penetración en el de los cultivos sembrados

Cultivo	Profundidad, cm	Resistencia a la penetración, kg/cm ²			
		LT		LC	
		Inicio	Final	Inicio	Final
FRIJOL	0-10	31,80	22,76	32,02	18
	10-20	27,05	41,23	33,89	25,36
	20-30	19,36	32,45	33,66	30,80

Cultivo	Profundidad, cm	Resistencia a la penetración, kg/cm ²			
		LT		LC	
		Inicio	Final	Inicio	Final
BONIATO	0-10	22,76	46,02	30,80	29,01
	10-20	41,23	23,18	18	25,76
	20-30	32,45	33,10	25,36	17
MAIZ	0-10	46,02	49,45	29,01	23,10
	10-20	33,10	34,00	25,76	21,68
	20-30	23,18	23,78	17	15

Al concluir la investigación, en el sistema de labranza tradicional, la resistencia a la penetración aumentó en 9,67 kg/cm² respecto al valor inicial obtenido; en el de labranza conservacionista la disminución fue en 13,26 kg/cm², lo que demuestra el efecto favorable de la labranza conservacionista sobre la resistencia a la penetración.

Los valores de R_p obtenidos en la investigación fluctúan entre 15 y 49,45 kg/cm², que se encuentran dentro del rango de valores críticos de resistencia a la penetración señalados por (Bengough y Mullins, 1991; Martino y Shaykewich, 1994), por encima de los cuales se reduce significativamente ó no se produce crecimiento radicular; esta amplia variación sugiere que la R_p medida con un penetrómetro, no contempla todos los factores físicos del suelo que afectan el desarrollo de las raíces.

CONCLUSIONES

- Los resultados alcanzados indican que, tanto los sistemas de labranza tradicional como el conservacionista influyen en el comportamiento de las variables físicas densidad aparente, humedad gravimétrica, y resistencia a la penetración.
- Para los tres cultivos estudiados, el sistema de labranza conservacionista influye de manera más positiva sobre las propiedades

físicas evaluadas para el caso particular de un suelo ferralítico rojo si se compara con el sistema de labranza tradicional. En el primero, se observa una disminución de la densidad aparente al inicio con respecto final de un 29 % mientras que en el sistema de labranza tradicional solo fue de 0,33%, en tanto la resistencia a la penetración disminuyó en 13,26 kg/cm² con la labranza conservacionista respecto al valor inicial obtenido, mientras que con la labranza tradicional la disminución fue de 9,67 kg/cm².

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R.A. “Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor”, *Revista Agrariam, Dourados*, v.3, n.7, p.63-70, 2010.
- ARVIDSSON, J. & I. HAKANSSON: “Response of different crops to soil compaction Short-term effects in Swedish field experiments”, *Soil & Tillage Research*, ISSN: 0167-1987, 138: 56-63, 2014.
- AUDBERTO, M.; M. OLIVEROS Y D. VILLARROEL: *La preparación de tierras y su importancia en la producción de los cultivos*, [en línea]. FONAIIP DIVULGA NO 52, 1996. Disponible en: http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/fonaiapdivulga/fd52/tierras.htm [Consulta: 23/04/2017].
- BENGOUGH, A G & MULLINS, C. E.: “Mechanical impedance to root growth: A review of experimental techniques and root growth responses”, *J. Soil Sci.* 41, 341–358. 1991.
- CARRILLO URRUTIA R.O.: “Influencia del nivel de humedad del suelo en el rendimiento de la malanga (Colocasia esculenta) var. Isleña Japonesa”, *Ciencia y Técnica en la Agricultura, Riego y Drenaje*, ISSN: 0138-8487, Vol. 2. No.2. Julio, 1979.
- EUSKADI: *Red de portales de la administración de la Comunidad Autónoma del país Vasco.: Compactación de suelo*, [en línea], Mayo 26/2008. Disponible en: http://www.eusaki.net/r33-288/es/contenidos/informacion/suelos_1044/ccompactacion.html [Consulta: 14/05/2016].
- FAO: *Sección 7. Notas sobre dos Sistemas de Labranza: Labranza mínima y labranza cero* [en línea] 2016, Disponible en: www.fao.org/docrep/006/x8234s/x8234s0c.htm [Consulta: junio 02 2016].
- FERNANDES, H.C: Demanda energética de um subsolador adaptado para deposição de material poroso em drenos livres. *Engenharia na agricultura*, ISSN: 1414-3984, Viçosa - MG, v.20 n.3, p.219-226, 2012.
- FONT, D. y P. RODRÍGUEZ: “Valoración de diferentes sistemas de preparación del suelo con tracción mecánica y animal sobre algunas propiedades físico-mecánicas edáfica en la producción del boniato”, *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 3(2): 17-23, 2013.
- FONT, D.: *Tecnologías sostenible de preparación del suelo en la producción de boniato (ipomea batataslam)*. Revista electrónica editada por MEGACEN, Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. No. 1, [en línea], 2014. Disponible en: <http://cienciapc.idict.cu/index.php/cienciapc/article/viewarticle/317> [Consulta: 14/05/2016].

- GARCÍA J; M. E RUÍZ; N. CASTILLO.: Propiedades físicas-químicas y mecánicas de suelos arenosos de la mesa de Guanipa, estado Anzoátegui, VIII Conferencia de Ingeniería Agrícola, "Agring 2014". ISBN 978-959-16-2351-5, 12 pp, 2014.
- HERNANDEZ, A.: "Distribución vertical del sistema radical en cinco variedades de caña de azúcar", *Ciencia y Técnica en la Agricultura, Riego y Drenaje*, ISSN: 0138-8487, Vol. 8. No.1, enero 1985.
- HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ, J.; BOSCH, D.; RIVERO, L.; CAMACHO, E.: *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba.*, ed. L.L Barcaz, Ed. AGRINFOR, t. 1, ISBN-959-246-022-1, La Habana, Cuba, 1999.
- LERCH, G.: La experimentación en las ciencias agrícolas y biológicas, pp.45-56, Editorial Científico Técnica, La Habana, 1977.
- MARTÍN, R.: *Indicadores para evaluar la calidad del suelo. Posibilidades de empleo para evaluación de la sustentabilidad. Manejo de suelos para una agricultura sostenible [en línea] 2006, Disponible en: http://www.insuelos.org.ar/informes/manejo_suelos. [Consulta: 14/12/2016].*
- MARTINO, D.L., SHAYKEWICH, C.F.: "Root penetration profiles of wheat and barley as affected by soil penetration resistance in field conditions", *Can. J. Soil Sci.* 74, 193-200, 1994.
- MARTÍNEZ CAÑIZARES J. A., A. RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, J. GARCÍA LAMAS. Comparación de tecnologías de labranza en suelo ferralítico rojo de la finca Pulido, *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: **2227-8761**, Vol. 6, No. 3 (julio-agosto-septiembre), pp. 60-63, 2016.
- MARTÍNEZ CAÑIZARES J. A.: Investigación comparativa del multiarado M-250 con el arado de cuatro discos Baldan en la roturación de suelo ferralítico rojo compactado. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Mecanización Agrícola. 2014.
- MEIRA, F. A.; A. KUHN, BORKOWSKI; L. F. PIRES; J. APARECIDO, ROSA; S DA COSTA. SAAB.: "Characterization of a Brazilian clayey soil submitted to conventional and no-tillage management practices using pore size distribution analysis", *Soil & Tillage Research*, ISSN: 0167-1987, 111: 175-179, 2011.
- NC ISO 11272.: *Calidad de suelo, Determinación de la densidad aparente, pp.1-11*, Vigente 2003.
- OLIVERA, V. D.: *La Degradación de los Suelos en Cuba [en línea] 2012, Disponible en: www.madrimasd.org/blogs/universo/2012 [Consulta: 4/1/2017].*
- PNO 23-03.: *Sistema de gestión de la calidad. Procedimiento normativo operacional, Determinación de las condiciones de ensayo*, Vigente 2012.
- RODRÍGUEZ, A.; J. ARCIA; J. A. MARTÍNEZ; J. GARCÍA; G. CID; J. FLEITES: "Los sistemas de labranza y su influencia en las propiedades físicas del suelo", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 5(2): 55-60, 2015.
- SANTANA, M.; FUENTES, J.: Preparación sustentable del suelo, *Revista Cañaveral*, Cuba, 4(4): 7-8, 1998.
- SUN, P. M. & S. C. H. SIEH. *The establishment of a sustainable agricultural system in Taiwan. Food and Fertilizer Technology Center*, 17pp., Extensión Bulletin (353), 1992,
- VENEGAS, C.: "Labranza conservacionista", *IPA Carillanca*, 9(4): 3-10, 1990.

Recibido: 26/06/2017.

Aprobado: 18/12/2017.

Jose Antonio Martínez-Cañizares, Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba. Correo electrónico: dptomecan1@iagic.cu

Amaury Rodríguez-González, Correo electrónico: dptomecan8@iagric.cu

Mayra Wong-Barreiro, Correo electrónico: dptomecan2@iagric.cu

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.