



Revista Ingeniería Agrícola

ISSN: 2306-1545

dptoambiente4@iagric.cu

Instituto de Investigaciones de Ingeniería
Agrícola
Cuba

Rodríguez González, Amaury; Arcia Porrua, Javier; Martínez Cañizares, José Antonio;
García Lamas, José; Cid Lazo, Greco; Fleites Castro, Jorlen
Los sistemas de labranza y su influencia en las propiedades físicas del suelo
Revista Ingeniería Agrícola, vol. 5, núm. 2, abril-junio, 2015, pp. 55-60
Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola
La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586261425010>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

REVISIÓN

Los sistemas de labranza y su influencia en las propiedades físicas del suelo

The farming systems and their influence in the physical properties of the soil

Ing. Amaury Rodríguez González¹, Dr.C. Javier Arcia Porrua^{II}, M.Sc. José Antonio Martínez Cañizares^I, M.Sc. José García Lamas^I, Dr.C. Greco Cid Lazo^I, Ing. Jorlen Fleites Castro^{III}

^I Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. Boyeros, La Habana, Cuba.

^{II} Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Boyeros, La Habana, Cuba.

^{III} Empresa Agropecuaria, Artemisa, Cuba.

RESUMEN. La sobreexplotación de los recursos naturales y la aplicación de prácticas agresivas de manejo a los recursos suelo y agua pueden provocar la reducción significativa de la productividad de estos recursos. Para el caso del suelo, una de las causas fundamentales es el empleo de sistemas de labranzas inadecuados. El presente trabajo expone algunos resultados de investigaciones realizadas en algunas partes del mundo y en Cuba referente a sistemas de labranza, así como algunas experiencias en el uso de métodos de labranzas con conceptos conservacionistas que existen en la actualidad. Se aborda además algunos resultados sobre propiedades del suelo que se deterioran con el uso de estos sistemas y resultados del efecto provocado por tecnologías agrícolas sobre algunos indicadores del suelo que determinan su fertilidad.

Palabras clave: recursos naturales, labranza conservacionista.

ABSTRACT. The overexploitation of the natural resources and the application of inappropriate or aggressive management practices to the soil and water resources may cause significant reduction of their productivity. For the soil, one of the main problems is the use of inadequate farming systems. The present paper shows some research results carried out around the world and in Cuba related to farming systems, as well as some experiences in the use of tillage methods taking into account current conservationist approaches. It is also focused on some results about soil properties that deteriorate with the use of these systems, and the resulting effect of some agricultural technologies on soil indicators that determine its fertility.

Keywords: natural resources, conservative tillage.

INTRODUCCIÓN

La explotación continua de cultivos de ciclo corto con excesivo laboreo puede conducir al deterioro de los suelos. En el mundo autores como Larson (1964); Lal (1979)¹; Brown *et al.* (1985); Marcano *et al.* (1994); Meira *et al.* (2011) y Arvidsson y Hakansson (2014), han estudiado la relación de los efectos de la labranza sobre las propiedades físicas del suelo y su incidencia en el comportamiento de los cultivos.

En Cuba investigaciones de este tipo son escasas. El conocimiento de estas relaciones podrán advertir sobre las

potencialidades y limitaciones de determinado suelo para la producción de cultivos, su conocimiento podría llevar a un adecuado manejo del suelo desde el punto de vista de su conservación para futuras generaciones.

Otros autores como Brown *et al.* (1985) y Bravo (1993)², plantean que el método de labranza seleccionado debe ser capaz de ajustarse ampliamente al sistema de manejo de suelo y desarrollo radicular de los cultivos, pensando siempre conservar los recursos suelo y agua.

¹ LAL, R. J Y GREELAND D. J: Soil physical properties and crop production in the tropics, 545pp., John Wiley & Sons Ltd. 1979.

² BRAVO, C.: Efecto de diferentes sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo y su influencia en el rendimiento del cultivo del algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en Alfisol del estado Guárico, [en línea] 117pp Tesis. Postgrado en Ciencias del Suelos. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay, 1993.

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se puede mejorar fácilmente (Singer y Erwing, 2000)³. Dentro de estas propiedades se tienen la textura, estructura, densidad, porosidad, consistencia, permeabilidad y temperatura.

Entre las más deterioradas por el uso intensivo se encuentra la estructura, siendo su manifestación más notoria la disminución notable de la porosidad. Todos los suelos tienen de forma natural, una estructura que se compone de las partículas principales, la materia orgánica, el aire y el agua, agrupados según su disposición y modo de acción, en agregados estructurales. Estos agregados confieren propiedades a los suelos y determinan su productividad (Fulgueira, 2001).

El conocimiento de las propiedades físicas del suelo posibilita el entendimiento de cómo influyen estas en el crecimiento de las plantas, además da la medida de cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas. El presente trabajo tiene por objetivo mostrar la influencia que tienen las tecnologías mecanizadas sobre algunas propiedades físicas del suelo.

DESARROLLO

Métodos de labranza con conceptos conservacionistas

El laboreo de los suelos para las nuevas siembras es una tradición que data desde los antiguos egipcios, los cuales aseguraban que las plantas tomaban las partículas finas y las incorporaban a su estructura, por lo tanto, era necesario mullir el terreno hasta llevarlo a polvo. Con el tiempo esa tradición se fue modificando en las principales zonas de desarrollo agrícola (Santana y Fuentes, 1998)⁴.

Uno de los remedios más eficaces contra la degradación de las tierras es la labranza de conservación, una técnica revolucionaria de cultivo en la que no se labran los campos. Este concepto procede directamente del reconocimiento de que la labranza mecánica está contribuyendo a la degradación de los suelos en proporción masiva.

Según FAO (1992), la labranza de conservación es un sistema de laboreo que realiza la siembra sobre una superficie del suelo cubierta con residuos del cultivo anterior, con lo cual se conserva la humedad y se reduce la pérdida de suelo causada por la lluvia y el viento en suelos agrícolas con riesgo de erosión, siendo su función principal la reducción de pases de implementos o cero labranza, trayendo consigo buena cantidad

de residuos como cobertura de la superficie del suelo, al menos de un 30%.

Estudios realizados por el Instituto de Suelos de Cuba por autores como Alfonso y Monedero (2004)⁵, plantean que los sistemas de labranza de conservación son adaptables a todo tipo de suelo y tienen como principio que “todo tipo de labranza que se realice conlleva al mantenimiento de las coberturas de rastrojos en la superficie del terreno”. Dentro de estos sistemas señalan la labranza mínima o reducida, la cual se basa fundamentalmente en la cantidad de malezas que existe en la superficie, lo que permite reducir labores y equipos. La labranza sin inversión del prisma, está vinculada a los sistemas anteriores, consiste en el uso de subsoladores, drenajes topes, o simplemente cultivadores, el chisel y sus derivados (EE. UU.). Estos dan la posibilidad de labrar el suelo sin la inversión del prisma.

Varios investigadores en Cuba han demostrado el carácter antierosivo y conservador de este tipo de labranza entre los que se pueden señalar a: Bouza *et al.* (1981)⁶; Porra y Otero (1984)⁷; Cancio *et al.* (1990)⁸; Riverol *et al.* (1995)⁹ y Cabrera *et al.* (1996)¹⁰.

Por otro lado Paneque (2002), realizó un estudio dirigido al ahorro de energía utilizado en la labranza de conservación, empleando para ello tres sistemas de labranza: Labranza convencional, labranza cero y labranza reducida. Los resultados indican que el costo energético del sistema de labranza cero fue menor que el del sistema de labranza convencional, teniendo un costo energético de sólo 25,91% del costo del sistema de labranza convencional y el sistema de labranza reducida alcanzó un 47,90% de este último.

Sistemas de labranza utilizados en el Mundo y en Cuba

El uso agrícola de la tierra está causando graves pérdidas de suelo, producto de su uso inadecuado. El hambre en varios países en desarrollo obliga a la gente pobre a cultivar áreas, que no son aptas para la agricultura o que solo con esfuerzos muy grandes y costosos pueden ser convertidos en áreas para uso agrícola; sin embargo, los daños más graves, se encuentran en las grandes extensiones de la agricultura mecanizada, ejemplo de ello está en los Estados Unidos de América, que en los años 30 perdieron vastas áreas de tierras fértiles por erosión eólica. Hoy en día los mismos errores en la agricultura causan todavía enormes pérdidas de suelo en todo el mundo.

Debido a la pérdida de este recurso se ha desatado gran interés en la adopción de la agricultura conservacionista. En el mundo la agricultura de conservación abarca un área de más

³ SINGER, M Y J. ERWING.: Soil quality, 298pp., En: Handbook of Soil Science. Chapter 11, (ed. Sumner, M. E) CRC Press, Boca Raton., Florida. 2000.

⁴ SANTANA, M Y J. FUENTES: “Preparación sustentable del suelo”. Revista Cañaveral, Cuba, 4(4): 7-8, 1998.

⁵ ALFONSO, C.A. y M. MONDEROS.: Uso, manejo y conservación de suelos, Instituto de suelos, Ed. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, La Habana, Cuba, 2004.

⁶ BOUZA, H.; L. M. HERRERA; C. TORRES; E. IZNAGA y V. E. VLADIMIROV: “Utilización de la labranza mínima en los suelos tabacaleros de la Provincia de Pinar del Río”, Revista Ciencias Agrícolas 10:76-84, 1981.

⁷ PORRAS, P. y A. OTERO: Labranza mínima y uso racional de abono orgánico, En: CIMCT. MCTMA. Pinar del Río, 10pp., 1984.

⁸ CANCIO, T; F. PEÑA y J. L. PEÑA.: “Labranza antierosiva en la región del Escambray”, I. Erosión y rendimiento del tabaco, Ciencias Técnicas Agrícolas. Serie Suelos y Agroquímica 13 (2): 15-22, 1990.

⁹ RIVEROL, M y COLECTIVO DE AUTORES: Informe final del resultado 00509. Influencia de las medidas antierosivas en condiciones estacionarias y de cuencas en el mejoramiento de los suelos erosionados [En línea], En: Instituto de suelos. La Habana, 1995.

¹⁰ CABRERA, E; M. RIVEROL; J. M. HERNÁNDEZ; C. RONZONI; N. CASTRO; J. M. LLANES; A. OTERO y E. FERNÁNDEZ.: Utilización de fajas temporales de millo en el control de la erosión y una explotación más intensiva de los suelos tabacaleros de Pinar del Río, 4pp., En archivo Estación Experimental de Suelos Pinar del Río., 1996.

de 58 millones de hectáreas, encontrándose la mayor parte en el continente americano. Según FAO (2000), y corroborado por Friedrich (2014)¹¹, los países con mayor porcentaje se encuentran en América, siendo los de mayor incidencia Paraguay con un 52% de las tierras agrícolas, Argentina con el 32% y Brasil con un 21%. En los EUA solo se reporta el empleo de este tipo de labranza en apenas un poco más del 16% de la superficie cultivada. Fuera del continente americano se ha adoptado más lentamente, teniendo mayores posibilidades de adopción en África. Actualmente grandes extensiones de tierra en Sudáfrica y Zimbabwe están utilizando este tipo de agricultura. Por otro lado en Europa se ha fundado un grupo de apoyo regional, la Federación Europea de Agricultura Conservacionista que reúne asociaciones nacionales en Alemania, España, Francia, Gran Bretaña, Italia, Portugal y otros países.

En Cuba a pesar de los avances en materia de laboreo aún prevalece la labranza convencional (tradicional).

Según Puente *et al.* (1979)¹², en Cuba los sistemas de preparación de suelos no están científicamente fundamentados por lo que no contribuyen a su conservación, y los utilizados se basan principalmente en el sistema tradicional de preparación, que incluyen un gran número de labores. En nuestro país se utiliza para la preparación de suelo arados y gradas de disco, los cuales producen la inversión del prisma, lo que hace que la materia orgánica pase a una capa inferior donde la temperatura y la actividad de los microorganismos son mayores, produciéndose una descomposición cinco veces más rápida. Además, ello provoca la emisión de CO₂ a la atmósfera, resultando altamente nocivo para el medio ambiente. (Martínez, 2012)¹³.

Otros autores como Martínez *et al.* (2014)¹⁴, al caracterizar diferentes regiones del país obtuvieron como resultado final que los sistemas de labranzas que prevalecen son de tipo convencional, utilizándose tanto en la labranza primaria como en la secundaria implementos de discos.

Degradación de las propiedades del suelo con el uso de sistemas de labranza

La mayoría de los suelos vírgenes fueron inicialmente labrados con el propósito de enterrar los residuos, preparar la cama de siembra y controlar las malezas. Una sola operación de laboreo puede destruir o modificar completamente las condiciones estructurales que requirieron años para desarrollarse (Reinert *et al.*, 1991)¹⁵.

Según FAO (1983)¹⁶, la degradación del suelo es un proceso complejo que ocasiona la caída de su capacidad productiva.

Lal y Stewart (1990)¹⁷, distinguen tres tipos de degradación del suelo: física, química y biológica y afirman que ella es inducida por factores y procesos, tales como: uso inapropiado de la tierra, deforestación y simplificación de ecosistemas.

Las propiedades físicas son una parte necesaria de este recurso ya que determinan en gran medida, la capacidad de mucho de los usos a los que el hombre los sujeta. Un factor principal en el funcionamiento del suelo es la estructura ya que tiene la capacidad de soportar vida animal y de plantas y de moderar la calidad del ambiente en particular sobre el secuestro de carbono, la calidad y disponibilidad de agua, erosión, reciclaje de nutrientes, penetración de raíces y rendimientos de cultivos (Bronick y Lal, 2004 y Six *et al.*, 2000).

La estructura del suelo está dada por la ordenación de las partículas primarias (arena, limo y arcilla) en la forma de agregados en ciertos modelos estructurales, que incluyen necesariamente el espacio poroso. Una buena calidad de la estructura significa una buena calidad del espacio poroso, o sea, buena porosidad y buena distribución del tamaño de poros. La infiltración del agua, juntamente con la distribución de raíces en el perfil, son los mejores indicadores de la calidad estructural de un suelo (Anónimo, 2014).

El laboreo "afloja" el suelo, reduciendo la compactación en la zona labrada y creando condiciones favorables como: aireación del suelo, cama de siembra y relaciones hídricas favorables para los cultivos. Si bien estas condiciones creadas por la labranza favorecen al cultivo, las mismas son transitorias. Esto se debe a la baja estabilidad estructural del suelo resultante de la historia de laboreo, lo que hace que el suelo reconsolide su condición original dentro de semanas (y a veces días). Los aspectos primarios de la labranza que influyen en la estructura del suelo son el **momento** y la **intensidad**. El momento del laboreo es importante en relación al contenido de agua del suelo (Karlen *et al.*, 1990).

Si la labranza es realizada con contenidos de agua por encima del límite plástico inferior o del menor contenido de agua al cual el suelo formará una cinta, puede ocurrir una compresión del mismo (Davies & Payne, 1988)¹⁸. Esta compresión resulta en la formación de terrones con gran resistencia, por lo tanto, el laboreo bajo estas condiciones debería ser aplazado para evitar la formación de aquella pobre estructura (Davies y Payne, 1988). La labranza en suelos que están demasiado secos incrementa el consumo de energía porque en esas condiciones usualmente tienen alta resistencia (la resistencia es inversamente proporcional al contenido de agua). En algunas áreas, el laboreo de suelo seco puede contribuir a la erosión eólica debido

¹¹ FRIEDRICH, T.: Agricultura climáticamente inteligente. Conferencia presentada en el taller de suelo: Uso, Conservación y Manejo del suelo agrícola. Septiembre, 2014.

¹² PUENTES, C., NOGUERA, L. P., DÍAZ EROELIA, RAVELO F., CHÁVEZ F.: Manual de Fitotecnia General, 372pp., Ed. ISCAH, La Habana, Cuba, 1979.

¹³ MARTÍNEZ, J. A.: Investigación comparativa del multiarado M-250 con el arado de cuatro discos baldan en la roturación de suelo ferralítico rojo compactado, Tesis (en opción al título académico de Máster en Mecanización Agrícola), Universidad Agraria de la Habana, San José de Las Lajas, Mayabeque, 2012.

¹⁴ MARTÍNEZ, J.A.; M. WONG; J. GARCÍA; A. RODRÍGUEZ.: Caracterización preliminar de las tecnologías de labranza de suelo en diferentes regiones del país, XVI Fórum de Base de Ciencia y Técnica, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, La Habana, Cuba, julio 2014.

¹⁵ REINERT, D.J; F.J. PIERCE; M.C. FORTIN.: Temporal variation in structural stability induced by tillage, In J.A., 1991.

¹⁶ FAO: Guidelines for the control of soil degradation. UNFSF and FAO. Rome. (1983)

¹⁷ LAL, R., AND B.A. STEWART.: Soil degradation. Adv., in Soil Sci. vol II. Springer - Verlag, New York INC. United States of America. 1990.

¹⁸ DAVIES, D.B. & D. PAYNE.: Management of soil physical properties. In a Wild (Ed). Russell's Soil Conditions and Plant Growth. Longman Scientific and Technical, London, pp. 412-448, 1988.

a la excesiva fracturación y fragmentación de los agregados (Davies y Payne, 1988).

La **intensidad** del laboreo afecta muchos aspectos de la condición del suelo, incluyendo la cobertura con residuos y la erosión. Un incremento en la intensidad de la labranza resulta en una disminución de la cobertura superficial con residuos, la cual actúa como un absorbente del impacto durante la caída de la lluvia, disminuyendo de esa manera la energía cinética de las gotas de lluvia antes de que entren en contacto con la superficie del suelo. Cuando la ruptura de agregados decrece y la formación de costra se previene o retrasa, se mantiene relativamente altas las tasas de infiltración por períodos prolongados (Radcliffe *et al.*, 1988).

Si la intensidad de la labranza se altera, los cambios en la estabilidad se reflejarán en el % de materia orgánica del suelo (MOS) a medida que se obtiene un nuevo equilibrio consistente con la nueva intensidad (Cochrane y Aylmore, 1991; Reinert *et al.*, 1991; Wood *et al.*, 1991).

Estos cambios se reflejan con el uso de la labranza ya que incrementa la variabilidad estacional de la estabilidad estructural (Reinert *et al.*, 1991). La Figura 1 muestra una conceptualización de los efectos de la labranza sobre la estabilidad del suelo a través del tiempo. Los suelos más estables nunca han sido labrados y muestran la menor variación estacional.

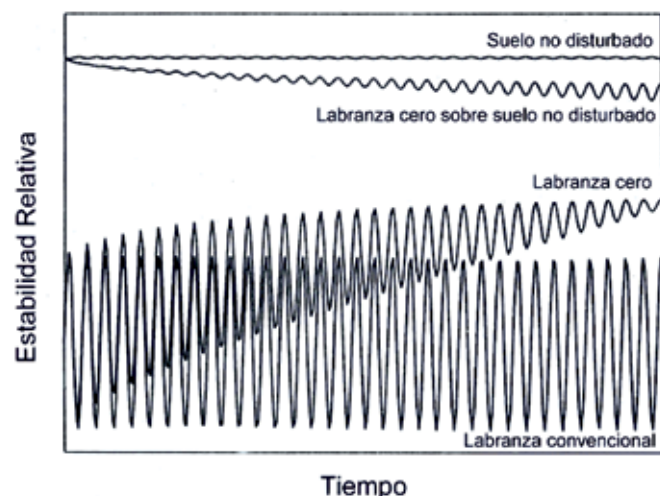


FIGURA 1. Conceptualización del efecto del sistema de labranza sobre la estabilidad relativa del suelo. Adaptado de (Pierce y Lal, 1991).

Una característica importante del suelo es la densidad aparente, se define como el peso de suelo seco por unidad de volumen de suelo inalterado (Pinot, 2000)¹⁹. Autores como Pankhurst *et al.* (2003) y Bell *et al.* (2007), plantean que una alta densidad aparente es resultado de la combinación de labranzas durante la época de cultivo y la compactación causada por el tránsito pesado e intensivo de cosechadoras al momento de la cosecha. Su control es un buen índice para controlar la evolución de la porosidad e incluso para establecer los riesgos de degradación física del suelo.

La densidad aparente conjuntamente con la porosidad son parámetros físicos que se reflejan en la calidad estructural del suelo; sin embargo, la calidad de este recurso ha sido valorada con más éxito por el análisis de distribución del tamaño de poros. Su análisis permite dar seguimiento a los cambios producidos en la estructura del suelo en la región de macro, meso y microporos (Kutílek, 2004).

Los macroporos constituyen un espacio responsable en la aireación de un suelo a capacidad de campo ya que los microporos se llenan de agua y no dan espacio a los gases. Dada la relación directa que tiene la macroporosidad con el crecimiento de las raíces, es importante considerar el volumen total ocupado por macroporos que superan los 0,1 mm de diámetro. A medida que disminuye el volumen de poros que superan este diámetro, se afecta el desarrollo de las raíces del cultivo. (Gil *et al.*, 1993)²⁰.

Una causa que provoca la disminución de la macroporosidad es la compactación, la cual influye en el rendimiento de cultivos y se define como la densificación o reducción del volumen del espacio poroso, lo cual está asociado a cambios en la estructura del suelo y usualmente al incremento de las tensiones, así como la reducción de la conductividad hidráulica (Euskadi, 2014).

En general, la compactación del suelo limita el crecimiento de las raíces (Bejarano *et al.*, 2010), la misma origina una barrera o impedimento mecánico para su penetración, disminuyendo con ello su capacidad de exploración y extracción de agua y nutrientes (Alameda y Villar, 2012)²¹.

Lo antes planteado demuestra que una de las causas fundamentales en el deterioro de las propiedades físicas del suelo está dada por el uso inadecuado de sistemas de labranzas, implicando un deterioro del recurso suelo, causa que está dada por la explotación intensiva y a veces poco racional. El empleo de estos sistemas puede provocar la inestabilidad del suelo en cuanto a sus propiedades, trayendo consigo acelerado avance de la erosión, pérdida de tierras de cultivo y una significativa disminución de los rendimientos productivos.

Resultados del efecto provocado por tecnologías agrícolas sobre algunas propiedades del suelo que determinan su fertilidad

Varios son los estudios sobre el efecto provocado por tecnologías agrícolas sobre las propiedades físicas del suelo, entre los que se destacan los realizados por Álvarez *et al.* (2012). Por su parte Ruiz *et al.* (2005), en revisión realizada encontraron que las labores de preparación de suelo, así como las tecnologías que se aplican con vistas a condicionarlo, inciden directamente en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo.

El efecto provocado por diferentes sistemas de labranza conservacionista sobre la densidad aparente, capacidad de aireación y conductividad hidráulica del suelo, así como la densidad radical y los rendimientos del maíz (*Zea mays*

¹⁹ PINOT, R. H: Manual de Edafología. Ed. Computec. Chile, 2000.

²⁰ GIL R.; M. BRAGACHINI; R. BONGIOVANNI; L. BONETTO: Capítulo de compactación del suelo de la obra "Sistemas de Traslado de Equipos de Cosecha para reducir la Compactación". Proyecto PROPECO, pp. 9-39, 1993.

²¹ ALAMEDA, D. & R. VILLAR.: "Linking root traits to plant physiology and growth in *Fraxinus angustifolia* Vahl". Seedlings under soil compaction conditions, Environ. Exp. Botany, 79: 49-57, 2012

L.) causaron cambios en los atributos físicos del suelo que afectaron la densidad radical y los rendimientos, lo que fue demostrado por Ohep *et al.* (2002). Éste mismo autor destaca que los mejores resultados se lograron con labranza conservacionista donde se utilizaron residuos de gramíneas y leguminosas incorporadas al suelo, y los menos favorables se obtuvieron con labranza convencional.

Alameda *et al.* (2012), encontraron que diferentes variables asociadas a la compactación (densidad aparente, resistencia a la penetración, contenido de humedad y materia orgánica), mostraron variabilidad espacial al conducir un experimento con diferentes cultivos y con más de 10 años de explotación.

Al evaluar dos condiciones de un suelo Argiudol típico (labrados y no labrados), Álvarez *et al.* (2012), consideran que la densidad aparente, resistencia a la penetración y estabilidad de los agregados, son propiedades que se pueden considerar como indicadores para calificar la calidad del suelo.

Por otro lado Bravo y Florentino (1997), evaluaron el efecto de diferentes sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo y su influencia en el rendimiento del cultivo del algodón (*Gossypium hirsutum* L) sobre un TypicHaplustalf, localizado en Cantagallo, estado Guárico, Venezuela. Para ello utilizaron cuatro tratamientos de labranza: I) Labranza Convencional (LC); II) Labranza mínima con residuos de *Crotalaria juncea* L. (LMC); III) Labranza mínima con residuos de Barbecho Natural (LMB) y IV) Labranza mínima con subsolado y residuos de *Crotalaria juncea* L. (LMCS). Los resultados obtenidos concluyen que los sistemas de labranza produjeron cambios temporales sobre las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, porosidad conductividad hidráulica saturada y resistencia mecánica); observándose los cambios más drásticos en la capa superficial con LC y reflejando la baja estabilidad de estos suelos al impacto de las gotas de lluvia. En la LMCS las plantas alcanzaron un desarrollo de las raíces más uniformes y profundas como resultado del mantenimiento de las mejores condiciones físicas. En relación al rendimiento de algodón en rama kg/ha la tendencia obtenida fue LC > LMC > LMCS > LMB, no registrándose diferencias estadísticas.

ticamente significativas.

En este sentido García *et al.* (2010), en la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara, Cuba, en un suelo Pardo Sialítico, según Hernández, *et al.* (1999), realizaron un estudio donde crearon diferentes niveles de compactación en una cepa de primer retoño, para ello utilizaron dos tratamientos (T1 y T2) correspondiendo al tratamiento compactado no cultivado (T1) y tratamiento compactado cultivado (T2). Los resultados indican que en ambos tratamientos hubo un incremento en la densidad aparente de 1,3 a 1,4 g•cm⁻³, en la resistencia de 2665,2 a 4515,2 kPa y una disminución de la porosidad de 51,9 a 48,2%. El mismo análisis fue realizado 11 meses después donde obtuvieron que el T1 disminuyó la densidad aparente en un 5,7%, la resistencia en 31,4% y un aumento de la porosidad total en 2,3%, lo que según los autores puede ser atribuible a la capacidad resiliente del suelo y el T2 disminuyó la densidad aparente en 7,9%, la resistencia en 47,6% y aumentó la porosidad total en 3,5%.

El estudio de tales efectos nos da la visión de que no todos los suelos responden de igual forma al tipo de labranza utilizada, de ahí la importancia que tiene el estudio de propiedades físicas para la aplicación de sistemas de labranza que contribuyan a la conservación de suelos con peligros de degradación.

CONCLUSIONES

- Los procesos de degradación del suelo pueden originar la disminución de la productividad de los cultivos, tales procesos pueden ser regulados por un rango de factores y causas antrópicas y naturales, que se traduce en la aplicación de sistemas de tecnología capaces de aminorar paulatinamente estas tendencias.
- La escasez de tierras de adecuadas condiciones físicas, químicas y biológicas para la agricultura son motivos fundamentales para la restauración de tierras degradadas.
- Una medida para disminuir los procesos degradativos del suelo es el uso de sistemas de labranzas conservacionistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, R. AND STEINBACH, H.S: "A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas", *Soil & Tillage Research*, ISSN: 0167-1987, 104: 1–15, 2012.
- ANÓNIMO: Física de suelo. Su impacto en la productividad agrícola [en línea] 2014, Disponible en: http://publicacion05.unipamplona.edu.co/unipamplona02/hermesoft/portal/home_1/home_1/rec/arc4220.pdf [Consulta: Septiembre 28 2014].
- 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.
- BEJARANO, M.D.; R. VILLAR; A. MURILLO; J.L. QUERO: "Effects of soil compaction and light on growth of *Quercus pyrenaica* Willd (Fagaceae) seedlings". *Soil & Tillage Research*, ISSN: 0167-1987, 110, 108–114, 2010.
- BELL M. J.; G. STIRLING; C. PANKHURST: "Management impacts on health of soils supporting Australian grain and sugarcane industries". *Soil & Tillage Research*, ISSN: 0167-1987, 97: 256271, 2007.
- BROWN, S. M.T WHITWELL; J. T. TOUCHTONY C.H BURMESTER: "Conservation tillage system for cotton production" *Soil Science Society of America Journal*, ISSN: 0361-5995, 49:1256-1260, 1985.

- BRONICK C. Y LAL R: "Soil structure and management and review", *Geoderma*, ISSN: 0016-7061, 2004.
- COCHRANE, H.R. AND L.A.G. AYLMOORE.: "Assessing management-induced changes in the structural stability of hardsetting soils", *Soil & Tillage Research*, ISSN: 0167-1987, 20:123-132, 1991.
- EUSKADI: Red de portales de la Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Compactación del suelo [en línea] mayo 26 2008. Disponible en: http://www.euskadi.net/r33-288/es/contenidos/informacion/suelo/es_1044/compactacion.html [Consulta: octubre 14 2014].
- FAO: Labranza de conservación ¿fin del arado? [en línea] 2000, Disponible en: <http://www.fao.org/noticias/2000/000501-s.htm> [Consulta: Septiembre 26 2014].
- FAO: Manual de la labranza para América Latina, 192pp., Boletín de Suelos de la FAO 66. FAO. Roma. 1992.
- FULGUEIRA, J. A. Hay que mejorar las gestiones azucareras, *Periódico Granma*, 27/2/01, ISSN-p: 0864-0424, ISSN-d: 1563-8278, La Habana, Cuba, 2001.
- GARCÍA, I.; M. SÁNCHEZ; M. L. VIDAL; Y. BETANCOURT y J. ROSA: "Efecto de la compactación sobre las propiedades físicas del suelo y el crecimiento de la caña de azúcar", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 19 (2): 7-11, 2010.
- HERNÁNDEZ, A., PÉREZ, J. M., BOSCH, D., RIVERO, L.: Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba, 64pp, AGRINFOR, ISBN: 959-246-022-1, La Habana, Cuba, 1999.
- KARLEN, D.L., D.C. ERBACH, T.C. KASPAR, T.S. COLVIN, E.C. BERRY, AND D.R. TIMMONS: Soil tilth: a review of past perceptions and future needs. *Soil Science Society of America Journal*, ISSN: 0361-5995, 53:153-161, 1990.
- KUTÍLEK, M: "Soil hydraulic properties as related to soil structure". *Soil & Tillage Research*, ISSN: 0167-1987, 79, 175-184, 2004.
- LARSON, W. E.: Soil parameters for evaluating tillage needs and operations. *Soil Science Society of America Journal*, ISSN: 0361-5995, 28:118-122, 1964.
- MARCANO F., C.OHEP. Y F. DESIDERIO.: "Efecto de la labranza y del nitrógeno en algunos componentes del rendimiento, macroporosidad del suelo, densidad radical y producción del maíz (*Zea mays* L)", *Agronomía Tropical* ISSN: 0002-192X, 44 (1): 5-22, 1994.
- 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.
- PANEQUE, P, H. C. FERNÁNDEZ, A. D. DE OLIVEIRA: "Comparación de cuatro sistemas de labranza con relación a su costo energético", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 11 (2): 1-6, 2002.
- PANKHURST C.E., R.C. MAGAREY., G.R STIRLING., B.L BLAIR., BELL M.J. Y GARSIDE A.L.: "Management practices to improve soil health and reduce the effects of detrimental soil biota associated with yield decline of sugarcane in Queensland", *Australia. Soil & Tillage Research*, ISSN: 0167-1987, 72: 125137, 2003.
- RADCLIFFE, D.E., E.W. TOLLNER; W.L. HARGROVE; R.L. CLARK; M.H.GOLABI: "Effect of tillage practices on infiltration and soil strength of a TypicHapludult soil after ten years", *Soil Science Society of America Journal*, ISSN: 0361-5995, 52-798-804, 1988.
- RUIZ, M., G. DÍAZ; R. POLN: "Influencia de las tecnologías de preparación de suelo cuando se cultiva arroz (*Oryza sativa* L.)", *Cultivos Tropicales*, ISSN-p: 0258-5936, ISSN-d: 1819-4087, 26 (2), 2005.
- SIX J., ELLIOT E. Y PAUSTIAN K.: "Soil structure and soil organic matter: II A Normalize stability index and effect of mineralogy", *Soil Science Society of America Journal*, ISSN: 0361-5995, 64: 1042-1049, 2000.
- WOOD, C.W., D.G. WESTFALL AND G.A. PETERSON: "Soil carbon and nitrogen changes on initiation of no-till cropping systems", *Soil Science Society of America Journal*, ISSN: 0361-5995, 55:470-476, 1991.

Recibido: 17/05/2014.

Aprobado: 13/03/2015.

Publicado: 19/04/2015.

Amaury Rodríguez González, Especialista, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera Fontanar-Wajay, km 2½, Rpto. Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba, ☐ (53-7) 645-1731, 645-1353. Correo electrónico: dptomecan8@iagricu