

**III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL
DE
EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020**

Título: Evaluación geoespacial de principales factores limitantes agroproductivos de los suelos de la granja “Guayabal”

Temática a la que tributa el trabajo: I La educación ambiental orientada al desarrollo sostenible

Autor (es): Dr. C. Heriberto Vargas Rodríguez; Ing. Paulino Carlitos José; M. Sc. Fabienne Menéndez Torres

Dirección de correo electrónico: vargas@unah.edu.cu

Entidad laboral de procedencia: Universidad Agraria de la Habana, Mayabeque

Resumen

La explotación de los recursos territoriales exige la aplicación de tecnologías que se correspondan con las capacidades potenciales de productividad de los suelos, así como de su conservación y mejoramiento. Ello constituye un elemento de vital importancia para garantizar la producción de alimentos con la calidad y cantidad requerida. En la actualidad el manejo es una de las interrogantes más apremiantes en estos tiempos debido a la pérdida de propiedades que han sufrido los suelos producto a su inadecuada utilización. En este sentido, en la investigación que se desarrolla se realiza el análisis de distribución geoespacial y de las principales propiedades de los suelos en la granja “Guayabal”, perteneciente a la Universidad Agraria de la Habana. Con este fin se registra y actualiza la información referente al área de estudio y se determinan los principales factores limitantes agroproductivos de los suelos destinados a la producción agrícola. Ello sirvió de base para recomendar un plan de acciones orientado a la capacitación de los actores sociales en aras de desarrollar capacidades y el estímulo hacia una producción sostenible. Como resultado de la investigación se evidenció que los suelos que predominan en la granja son los del Tipo Ferralítico Rojos Lixiviado, que representan el 58.97 % del Total. Siendo los principales factores limitantes agroproductivos la poca profundidad efectiva, el mal drenaje de los suelos y la compactación, entre otros.

Palabras clave: Aptitud agrícola de las tierras, calidad de los suelos, Manejo sustentable de tierras

Abstract

The exploitation of territorial resources requires the application of technologies that correspond to the potential productivity capacities of soils, as well as their conservation and improvement. This constitutes an element of vital importance to guarantee the production of food with the required quality and quantity. At present, management is one of the most pressing questions in these times due to the loss of properties that soils have suffered due to their inappropriate use. In this sense, the research being carried out analyzes the geospatial distribution and the main properties of the soils in the “Guayabal” farm, belonging to the Agrarian University of Havana. For this purpose, the



III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

information regarding the study area is recorded and updated and the main limiting factors for agro-production of soils destined for agricultural production are determined. This served as the basis for recommending an action plan aimed at training social actors in order to develop capacities and encourage sustainable production. As a result of the investigation, it was evidenced that the soils that predominate on the farm are those of the Leaching Red Ferralitic Type, which represent 58.97% of the Total. The main agroproductive limiting factors being the shallow effective depth, poor soil drainage and compaction, among others.

Key words: Agricultural suitability of land, soil quality, Sustainable land management

Introducción

El suelo es uno de los recursos más valiosos para afianzar la seguridad alimenticia y la generación permanente de alimentos por su eficiencia para alimentar a las plantas. Por tanto, de su elección y la preparación para el cultivo dependerán los rendimientos a alcanzar, así como su conservación para las futuras generaciones (FAO, 2015). En este sentido, en las últimas décadas se han realizado numerosos esfuerzos para detener la degradación de las tierras agrícolas, pero el proceso de cambio para la adopción de nuevas tecnologías conservacionistas por parte de los agricultores, todavía presenta un índice bajo. Lo cual está dado, entre otras razones, por la falta de información sobre el estado de los recursos naturales, como es el caso de los indicadores de calidad de suelo y agua, así como el desconocimiento de las medidas a adoptar en función a los factores limitantes agroproductivos presentes en un agroecosistema determinado.

Por otra parte, la aplicación de sistemas de labranza y prácticas conservacionistas no adaptadas al entorno de una región específica, probablemente por haber sido desarrolladas en otros lugares e introducidas sin efectuar un diagnóstico correcto de la situación local, han causado problemas de credibilidad entre los agricultores.

Tal es el caso de la papa, que en Cuba ocupa el primer lugar entre las raíces y tubérculos, llegándose a plantar cada año, entre 10 000 y 15 000 ha, con un rendimiento medio entre 18 y 25 t. ha⁻¹ y una producción anual de 300 000 t. Siendo el mismo un cultivo priorizado en cuanto a paquete tecnológico, lo que implica la aplicación de altas dosis de fertilizantes químicos y una elevada mecanización. Todo lo cual ha provocado serios problemas de degradación y contaminación del suelo, debido, entre otras razones a la indisciplina tecnológica.

La CPA "Amistad Cubano Búlgara", cuyo objeto social es la producción de alimentos agrícolas con el fin del abastecimiento del municipio de Güines, la provincia Mayabeque y en especial a la Capital del país, no está exenta a estos problemas de degradación del suelo. En este sentido en la misma se requiere del empleo de medidas agroecológicas que contribuyan a la producción de alimentos por vías sostenible, que lleven implícita las acciones correspondientes para la protección del medio ambiente, a



III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

la vez que se satisfagan las necesidades económicas y sociales de la población cubana. Todo lo cual conlleva a la necesidad del estudio de los suelos, como parte importante de los agroecosistemas agrícolas.

Dado a lo anterior, el presente trabajo se plantea como objetivo evaluar los principales factores limitantes agroproductiva de los suelos que afectan el adecuado desarrollo del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la CPA "Amistad Cubano-Búlgara".

Desarrollo

La Cooperativa de Producción Agropecuaria "Amistad Cubano-Búlgara", pertenece al municipio de Güines, Provincia Mayabeque. Se localiza entre las coordenadas geográficas: 22°50'47.04" N, 82°03'45.03" W y 82°48'1.53" N, 82°02'15.87" W de acuerdo con el sistema de coordenadas Cuba Norte y proyección Cónica Conforme de Lambert (PCCL).

Para el desarrollo del trabajo se empleó la hoja cartográfica Güines (3784-II-b) del Mapa Nacional de Suelos, escala 1:25 000, elaborado por el Ministerio de la Agricultura y publicado por el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (1986), así como el mapa de la entidad productiva elaborado por la empresa de proyecto agropecuario de Ciudad de la Habana en el año 2009. De igual forma se tomaron puntos georreferenciados con la ayuda de un GPS marca Garmin 72, con una precisión de más menos 5 metros, aunque en todos los casos se repitió la lectura hasta obtener una precisión de 3 metros.

Para la digitalización de las líneas de suelo se utilizó un tablero digitalizador marca Kurta (24 X36) y las herramientas especializadas para este fin que brinda el software ILWIS.3.4. Se asumió un error por parte del operador de 0.4 mm para el 95 % de los elementos, a partir de lo cual se pudo calcular la pérdida de la exactitud a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdida de exactitud} = 0,4 \text{ mm} * E \quad (1)$$

Donde E es el factor de escala al que fue digitalizado el mapa (6 650). Para conocer la exactitud inicial se utilizó la escala del mapa afectado por el producto de 0.2 mm, valor admitido como error de percepción de la vista humana. Posteriormente, para calcular la exactitud final del mapa se empleó la fórmula:

$$\text{Exactitud final} = \sqrt{(\text{exactitud inicial}(95 \%))^2 + \text{pérdida de exactitud}(95 \%))^2} \quad (2)$$

La asociación de las bases de datos gráfica y atributos permitió la realización de mapas temáticos de diversas variables de suelos, empleadas en el proceso de toma de decisiones.

Se tomó como referencia al suelo presente en la Máquina de Pivote Central Nombre Dios 3, con un área de 13, 8 ha. Se utilizó el método tradicional de muestreo consistente en tomar una muestra compuesta integradas por números de submuestras en número entre 5 y 6 muestras por hectáreas distribuida en toda la zona muestreada en forma de Zigzag según se plantea en la Norma Cubana (NC37:1999).

Dentro de los indicadores y método de análisis utilizados para evaluar las propiedades químicas, físicas y físico químicas de los suelos se encuentran a la Materia Orgánica (Walkley Black), Fósforo (Oniani), pH (potensiómetro), Ca^{2+} y Mg^{2+} , textura (Bouyucos),



III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

estabilidad estructural (Método de N.I Savvinov, Límite de plasticidad (Método de Atterberg), Densidad del suelo (método de la barrena), entre otro

Para el análisis de los resultados químicos se utilizó la tabla de interpretación de datos químicos elaborada por el Instituto de Suelo (1984). También se realizaron el cálculo de otros indicadores de la calidad del suelo, como es el caso de la Relación Calcio-Magnesio, Capacidad de Intercambio Catiónico (Valor T), Capacidad de Cambio Bases (Valor S), Saturación por Bases (Valor V), Carbono total Orgánico, Nitrógeno Total, Relación Carbono - Nitrógeno, Reserva de Materia Orgánica, Tipo de Carga de los Coloides, Relación Limo Arcilla, Índice Litológico, Índice de Plasticidad, Porosidad Capilar, Humedad Gravimétrica, Humedad Volumétrica, Reserva de Agua en el Suelo, Coeficiente de Extensibilidad Lineal, entre otros.

Para la determinación de los factores limitantes agroproductivos se utilizó como base del análisis la información espacial obtenida del Mapa Nacional de Suelos, escala 1:25 000. Así como los resultados de los análisis de laboratorio realizados a la MPC Nombre de Dios III.

Para la interpretación de los mismos se utilizaron las tablas de interpretación de datos de suelos (Instituto de Suelos, 1984) a partir de las cuales es posible determinar los valores que pueden afectar su capacidad agroproductiva, así como las normas de interpretación de datos de suelos e Instructivos técnicos, entre otras. Además, se consideró la opinión de expertos especializados en los usos de las tierras. En el caso en que en el factor limitante evaluado inciden más de un criterio se desarrollaron árboles de decisiones que permitieron asignarle un nivel de significación a los indicadores evaluados y con ello el nivel de afectación de los factores limitantes agroproductivos.

Con el fin de automatizar el proceso, para hacerlo más preciso y rápido, se desarrollaron diferentes Scrip en la plataforma Ilwis, a estos se les asignó, con apoyo de criterio expertos, el nivel de significación correspondiente.

Con el objetivo de desarrollar una concepción a corto y mediano plazo para el manejo sostenible de las tierras que se destinan al cultivo de la papa en la CPA "Amistad cubana – búlgara", se elaboró un plan de acciones mediante criterios consensuados con los actores sociales de la entidad. Ello conllevó a la recomendación de un grupo de medidas agroecológicas en función de los factores limitantes agroproductivos para el cultivo de la papa en los suelos estudiados.

Con este fin el plan de acción contempla el intercambio directo con los productores a través de talleres, conversatorios, entrevistas, entre otros, con el objetivo de lograr su capacitación y la motivación para el empleo de estas medidas agroecológicas, encaminadas a la protección y manejo sostenible de suelo.

Como resultado de la investigación se encontró que los suelos que predominan en la CPA "Amistad Cubano Búlgara" son los Ferralíticos Rojos, con una superficie de 430,4 ha, lo que representa el 66,34 % de los suelos dedicados a la agricultura en dicha entidad. Le sigue en orden los del Tipo Aluvial con 143,6 ha y los Húmicos Carcimórficos con 64,3 %, los que representan el 22,13 % y el 9,91 % respectivamente. Por último, se encuentran los del Tipo Rendzina Roja para el 1,62 %.



III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

Los resultados anteriores, en cuanto al predominio en superficie de los suelos Ferralíticos, justifican la fuerte influencia de la provincia Mayabeque sobre la producción agrícola del país, siendo la entidad estudiada una de las más importantes. Ello se debe, no sólo a que son los suelos más abundantes de Mayabeque y los segundos en superficie del país con el 23 % de total, sino a su elevada productividad (Falcón et al., 2014).

Este suelo generalmente se encuentra en llanuras sobre rocas calizas, presentan un alto grado de desarrollo y excelentes características físicas, aunque su fertilidad no es muy elevada. No obstante, por un manejo inadecuado y el uso excesivo de la maquinaria, puede aparecer la compactación como factor limitante. Ello coincide con Hernández et al. (1999) quien considera que un elevado porcentaje de suelos en la provincia han sufrido lixiviación dado a la fuerte antropización y a la influencia del clima a que han sido sometidos.

Al estudiar el contenido de materia orgánica se encontró que los contenidos de la misma son reportados de bajo según las tablas de interpretación de perfiles de suelo, con contenidos que oscilan entre 1,5 y 2,3 %. Además, la misma disminuye paulatinamente en profundidad, lo que coincide con una distribución isohumica. Dicho comportamiento se corresponde con el laboreo intensivo a que han sido sometidos los mismos. Además, estos suelos poseen una agregación natural, lo que provoca una rápida mineralización de la materia orgánica y con ello su pérdida acelerada en las capas superiores del suelo.

Por otra parte, el potasio en todas las profundidades es bajo por tanto no satisface las necesidades del cultivo de la papa, lo que se relaciona con el nivel de lavado a que han sido sometidos estos suelos. Aspecto que constituye un problema para la mayoría de los suelos, llegando a cifras que oscilan entre 5–250 kg. ha⁻¹ por año, en función a la intensidad de las precipitaciones y la cobertura vegetal (Urricariet 1997 y Vargas et al. (2009). Mientras que el fósforo se clasifica como medio en los primeros 20 cm de profundidad y de bajo en la profundidad de 20 a 40 cm, lo que se corresponde con su elevada retención en el complejo arcilloso en forma insoluble llegando a ser un elemento limitante para el adecuado desarrollo de los cultivos. Este elemento es absorbido en estado soluble (Bernal et al., 2015 y Pérez, 2019).

La concentración hidrogeniónica se reporta como neutro y la relación carbono – nitrógenos como mediada. Ello implica que la velocidad de transformación de la materia orgánica en el suelo, y con ello, el tiempo de incorporación de los nutrientes al suelo oscila ocurre en un periodo de entre dos a tres semanas.

La capacidad de intercambio catiónico se manifiesta baja. Ello es característico de este tipo de suelo, donde predomina un alto % de arcilla de tipo (1x1) caolinita y óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. Igual comportamiento se observa con capacidad de cambio de bases (CCB), lo que coincide con Pulido, (2013) quien llegó a resultados semejantes al estudiar las propiedades físicas de los suelos en relación con su degradación y evolución.

De igual forma, la relación calcio magnesio se encuentran por debajo del rango permisible, lo que puede estar dado al aporte que hace el agua de carbonatos. Todo lo



III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

cual impide la adsorción del calcio por parte del cultivo de la papa con lo que se afecta su normal desarrollo.

Al analizar la textura se puede apreciar que en las dos primeras profundidades la diferencia de arcilla no sobrepasa el 4 %, requerido para que exista cambio de Horizonte en estas condiciones (Hernández et al, 2014). Caso contrario ocurre en la tercera profundidad evacuada, donde hay un cambio en el contenido de arcilla entre este Horizonte y sus adyacentes. Sin embargo, de los resultados obtenidos no se puede afirmar que existe la formación de un Horizonte argílico, dado a que la diferenciación entre ambos horizontes no supera el 8 % requerido. También se muestra una relación limo-arcilla es bajo lo que indica el alto grado de evolución tal como manifiesta Szmik et al (1981) y Tarawally (1996).

Por otra parte, se observa la existencia de compactación antrópica caracterizada por la presencia de capas endurecidas en la superficie del suelo. Ello se ratifica al evaluar la densidad del suelo, con valores por encima de 1.20 Mg. m^{-3} , lo que implica la compactación de los suelos. Este tipo de compactación está dado por el uso excesivo de la maquinaria agrícola en los suelos cultivados, así como por la deficiente utilización del multirrado y el tiller cuando el suelo lo ha requerido. Esta compactación afecta el cultivo de la papa ya que puede limitar su adecuado desarrollo radicular al disminuir la profundidad efectiva debido a la compactación (Pérez, 2019).

Los análisis de los índices litológico (IL) se reportaron bajos. Lo que coincide con el comportamiento de los suelos con alto grado de evolución. Ello se corrobora al analizar las fracciones arenosas y la relación limo arcilla (L/A), cuyos valores se reportan de bajos.

De igual forma el Límite Inferior de Plasticidad (LIP) es mayor en la superficie y disminuye con la profundidad. Mientras que el Límite Superior de Plasticidad (LSP) en todas las profundidades estudiadas tiende a aumentar. Esto puede estar dado por la cantidad de arcilla presente y por la disminución de la MO en los mismos.

El índice de plasticidad (IP) tiende a aumentar con la profundidad comportándose como plástico a muy plástico. Ello se correlaciona con los resultados obtenidos con el coeficiente de extensibilidad lineal (COLE) y de cambio de volumen (VN), cuyos valores permiten valorar a la arcilla presente en el suelo estudiado con una alta expansibilidad.

De igual forma se observa que la reserva de agua total en los primeros 60 cm de profundidad es elevada, con un volumen de $2283,40 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Siendo en la profundidad de 20 a 40 cm donde existe una mayor concentración de agua, lo que puede afectar el adecuado desarrollo del cultivo de la papa, ya que afecta el desarrollo de sus tubérculos dado a que facilita el desarrollo de las enfermedades fungosas y con ello su pudrición (Martín et al., 1995 y por Lafond et al., 1996).

De la evaluación de los principales factores limitantes agroproductivos para el adecuado desarrollo del cultivo de la papa en la CPA "Amistad Cubano Búlgara" se encontró que el 98,17 % de los suelos presentan la Categoría Agroproductiva I, lo que está dado a su elevada productividad agrícola. Sin embargo, la acción del hombre puede afectar su productividad debido a afectación de algunas de sus propiedades químicas y físico químicas. Todo lo cual conlleva a extremar las medidas de conservación, lo que coincide con los criterios de Ibarra et al. (2005)



III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

De igual forma, el 15,23 % y el 81,04 % del total los suelos estudiados se clasifican con una profundidad efectiva de muy profunda y profunda, respectivamente. El resto se cataloga como medianamente profundos a muy pocos profundos según las tablas de interpretación de suelos de Herrera y Ramírez (2016). Este factor limita el adecuado desarrollo de los cultivos y la adecuada preparación del suelo, además de afectar el equilibrio agua aire en la zona radicular, necesaria para el normal desarrollo del cultivo de la papa.

Con relación al drenaje se encontró que el 66.99 % del total de los suelos estudiados presenta la categoría de rápido, mientras que el resto (33,01 %) tiene un drenaje moderado. Ello puede dañar fuertemente el adecuado desarrollo de los cultivos como la papa, la yuca y el boniato, dado a sus características fisiológicas. Mientras que el contenido de materia orgánica se encuentra entre los rangos de bajo y muy bajos, lo que se relaciona con el intenso manejo agrícola a que han sido sometidos estos suelos.

Propuesta del Plan de acción orientado al manejo sostenible de las tierras dedicadas al cultivo de la papa en la CPA "Amistad Cubano Búlgara"

A partir del análisis de los factores limitantes agroproductivos presentes en el área de estudio, así como el criterio de los actores sociales de la entidad de producción y de un grupo de especialistas con alto grado de experticia sobre los temas abordados en la investigación, fue posible establecer un grupo de medidas de conservación contextualizadas a la región de estudio con el fin de contribuir a la protección de los suelos con un enfoque agroecológico.

Las medidas agroecológicas propuestas comprenden un marco temporal para la acción de cinco años. Estas son coherentes, comprensibles y están encaminadas a contribuir en la solución de los principales problemas identificados en la entidad estudiada.

Entre las medidas propuestas se encuentran la de reducir la labranza en los suelos con elevada compactación y baja profundidad efectiva, así como la de utilizar el subsulador dentro de las atenciones culturales propuestas, a una profundidad de entre 30 a 40 cm, así como la aplicación de materia orgánica y abonos verdes.

De igual forma, en estos casos se debe aumentar el uso de enmiendas orgánicas y minerales, evitar el uso de equipos pesados para disminuir la compactación del suelo y utilizar sistemas de rotación de cultivos adecuados, entre otras.

De igual forma se recomienda fomentar la elaboración y uso de bioabonos (biol, purines, lombricompost, etc.) y de microorganismos fijadores de nitrógeno (*Azotobacter*, *Azospirillum*, *Azomonas*, *Beijerinckia* y *Derxia*) y solubilizadores de fósforo, (*Pseudomonas putida*, *Mycobacterium*, *Bacillus subtilis*, *Thiobacillus*, etc) y Captadores de fósforo (Micorrizas).

Otra medida de importancia consiste en potenciar **el empleo de abonos verdes** como la *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea* y *Mucuna aterrimum*. En este sentido, Lambrecht *et al.* (2015) recomiendan que se deba tener en cuenta la profundidad en que se desarrolla el sistema radicular de los cultivos de interés agrícola. En este caso la papa necesita una profundidad efectiva promedio de 50 cm, por lo que se deben utilizar abonos verdes que desarrollen parte de su sistema radicular a esta profundidad.

En el caso de las atenciones culturales se recomienda incorporar los restos de



III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

cosechas para favorecer la incorporación de nutrientes y agua en el suelo, así como favorecer la actividad biológica, alternar la tracción animal con la preparación de suelos mecanizada, establecer cultivos intercalados o asociación, que cubren mayor superficie de suelo e incrementan el índice de utilización de la tierra. De igual forma se recomienda evitar quemar la biomasa para prevenir la pérdida de nitrógeno fijado por las leguminosas, practicar la rotación de cultivos o la mezcla de cultivos con especies que aporten nitrógeno al suelo, entre otras.

Conclusiones

1. Las principales propiedades químicas de los suelos que constituyen factores limitantes para el adecuado desarrollo del cultivo de la papa fueron el contenido de materia orgánica y el contenido de potasio asimilable y la relación calcio magnesio, con lo que se afecta el adecuado desarrollo fisiológico del cultivo,
2. Del estudio de las propiedades físicas del suelo Ferralítico Rojo compactado se evidenció una fuerte presencia de capas compactadas debido al laboreo intensivo a que es sometido. Todo lo cual afecta el equilibrio aire agua y el desarrollo del tubérculo del cultivo de la papa.
3. Del análisis del índice litológico se corroboró el grado de evolución de los suelos, con la evidente presencia de formación de horizonte argílico, propio de los suelos Ferralíticos Rojos compactados.
4. Dada a la marcada presencia de factores limitantes agroproductivos, entre los que se destacan la baja fertilidad química, el mal drenaje y la compactación, se impone el manejo de los suelos estudiados de forma eficiente y contextualizada a los requisitos de los usos agrícolas establecidos en la entidad.
5. El Plan de acción propuesto contribuye al manejo eficiente de los suelos y demás recursos naturales, con vista a lograr elevar las producciones agrícolas de forma ambiental y económicamente sostenible.

Bibliografía o referencias bibliográficas

- Falcón, M. C., Vargas, H., Torres, F. y Herrera, L. (2014). Evaluación del conflicto de uso agrícola de las tierras a partir de su aptitud física como contribución a la explotación sostenible. *Cultivos Tropicales* [en línea]. 35 (4). En: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-9362014000400002 [Consulta: 16 abril 2019]. ISSN 0258-5936.
- FAO. (2015). El suelo es un recurso no renovable, su conservación es esencial para la seguridad alimentaria y nuestro futuro sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [en línea]. (I4373S). Disponible en: www.fao.org [Consulta: 16 abril 2019].
- Hernández, A., Morales, M., Borges, Y., Vargas, D., Ascanio, J., Ríos M.O., Funes, Bernal, F., González, A., Cañizares, P.J. (2014). Degradación de las propiedades de los suelos ferralíticos rojos lixiviados de la "Llanura Roja de La Habana" por el cultivo continuado. Algunos resultados sobre su mejoramiento. Mayabeque, Cuba: INCA.
- Hernández, Alberto Jiménez. et al. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de cuba. Instituto de suelo. Ministerio de la agricultura. Ciudad de la Habana. Cuba. 1999.



III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

- Herrera, J. A. y Ramírez, L. F. (2016) Métodos de evaluación de la fertilidad de suelos y la necesidad de nutrición de los cultivos. Primera edición. México, Universidad de Guanajuato-Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Ibarra, S., Mckyes, E. y Broughton, R. (2005) A model of stress distribution and cracking in cohesive soils produced by simple tillage implement. *J. Teramechanics*, 3 (42), 115-139.
- Instituto de Suelos. (1984) Manual de interpretación de los índices Físico-Químicos y Morfológicos de los Suelos Cubanos. La Habana. Editorial Científico Técnico, 136 pp.
- Lafond, R, P. Biaca y Carmen Alonso. Estudio de las principales propiedades físicas de los suelos ferralíticos rojos de la UBPC Travieso de la ECV Malena del Sur. Forum Científico estudiantil Facultad de Agronomía. ISCAH 1996.
- Martín, Gloria, W. Calero, Carmen Alonso. Algunas propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos ferralíticos rojos de monte piedras en la zona de autoconsumo de la ECV. Melena del Sur. Trabajo de curso. Facultad de Agronomía. ISCAH 1995.
- Pérez P. (2019) Sistema de Información Geográfica de la Granja "Guayabal" para el apoyo a la Toma de Decisiones. Tesis en opción al Título de Ingeniera Agrónoma. Mayabeque, San José de las Lajas.
- Pulido Moncada, M.; Gabriels, D.; Cornelis, W.; Lobo, D. (2013) "Comparing aggregate stability tests for soil physical quality indicators, *Land Degradation & Development*, 26(8): 843
- SZMIK, K, O. Suárez, A. Mesa y J. Peña. Suelos de Cuba. Tomo II Editorial Orbes. Ciudad de la Habana. 1981. 328p.
- Tarawally, M. A. Estudio de las propiedades físicas e hidrofísicas y algunos subtipos de suelos ferralíticos y su utilidad para el uso y manejo del riego y drenaje. Tesis de Master in Science. La Habana 1996. 97p.
- Urricarie. S, Lavado RS. Indicadores de deterioro en suelos de Tampas ondulado. *Ciencias del Suelo*. 17(1); 37-44p. 1997
- Vargas, H; Martín, N. y Torres, F. (2009) Determinación del efecto de dos tipos de Utilización de la Tierra (TUT) sobre algunas propiedades de un suelo Ferralítico rojo en el municipio San José de las Lajas, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2), 5pp.

