

ORIGINAL

Recibido: 26/10/2020 | **Aceptado:** 14/01/2021

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

Geospatial evaluation of main agro-productive limiting factors of the soils of the “Guayabal” farm.

Heriberto Vargas Rodríguez. [vargas@unah.edu.cu] 
Doctor en Ciencias. Prof. Titular.
Universidad Agraria de la Habana. San José de las Lajas. Cuba.

Fabienne Menéndez Torres. [fabienne@unah.edu.cu] 
Master en Ciencias. Prof. Auxiliar.
Universidad Agraria de la Habana. San José de las Lajas. Cuba.

Paulino Carlitos José. [paulino.carlitos@nauta.com.cu] 
Ingeniero Agrícola.
Universidad Agraria de la Habana. San José de las Lajas. Cuba.

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 acciones orientadas a la capacitación de los actores sociales en aras de desarrollar capacidades relacionadas con la producción sostenible



de los suelos sustentadas en el equilibrio oferta - demanda ambiental. 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.

Abstract

The use 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 as a result of their improper 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 information referring to the study area is recorded and updated and the main agro-productive limiting factors of the soils destined for agricultural production are determined. This served as the basis for recommending actions aimed at training social actors in order to develop capacities related to the sustainable production of soils supported by the environmental supply-demand balance. As a result of the investigation, it was evidenced that the soils that predominate on the farm are those of the type Red Ferralitic Lixivate, which represent 58.97% of the Total. The main agroproductive limiting factors being the shallow effective depth, poor soil drainage and compaction, among others.

Palabras claves: aptitud de las tierras; equilibrio oferta - demanda ambiental; manejo sostenible de tierras; producción agrícola.



Keywords: land suitability; environmental supply - demand balance; sustainable land management; agricultural production.

Introducción

El suelo es un recurso finito esencial para mantener la vida en el planeta Tierra. Este constituye la base para la alimentación, obtención de combustibles, fibras y productos médicos, así como para muchos otros servicios ecosistémicos esenciales (Montaño y Sánchez, 2016).

En la actualidad, el mismo se encuentra sometido a una creciente presión debido al uso competitivo y la intensificación que caracteriza su aprovechamiento para fines agrícolas, forestales, ganaderos y de urbanización, entre otros. A ello se le suman las catástrofes provocadas por el calentamiento global, todo lo cual hace evidente la necesidad de crear conciencia en la búsqueda de alternativas menos agresivas para preservar los recursos naturales y garantizar la producción de alimentos.

En Cuba, gran parte de los suelos agrícolas están afectados por la presencia de uno o varios factores limitantes agroproductivos, llegando a afectar el 74,6 % de la superficie agrícola. Esta situación limita visiblemente los rendimientos de productos agrícolas y atentos contra la seguridad alimentaria del país. Situación semejante ocurre en la actualidad en la Granja “Guayabal”, la cual fue considerada por el Comandante en Jefe: Fidel Castro Ruz, como una de las tierras más productivas del país. No obstante, dado a la intensa antropización a que han sido sometidos sus suelos, unido a las incorrectas tecnologías empleadas para la producción, ha provocado la degradación de sus suelos y con ello la disminución de los rendimientos potenciales de los principales cultivos de interés económicos.

Por tal motivo, el estudio de las principales propiedades de los suelos, su distribución geográfica y factores limitantes agroproductivos, constituyen un elemento primordial enfocado a



su manejo sostenible. Ello brinda la posibilidad de realizar recomendaciones para su explotación agropecuaria de forma eficiente, con lo que se contribuye a su protección.

Por lo antes expuesto, el presente trabajo se orienta a la caracterización geoespacial de los suelos de la Granja “Guayabal”, teniendo en cuenta sus principales factores limitantes, usos y medidas de conservación con el fin de contribuir a su manejo agrícola sostenible.

Población y Muestra

La Granja “Guayabal”, tienen un área de 846.6 ha, de las cuales 100 son destinadas a la producción agrícola. Se encuentra ubicado a 3 Km al noroeste de San José de Las Lajas, entre las coordenadas planas 376800 a 384000 de latitud Norte y los 349300 a 355000 de longitud Este, según el sistema de coordenadas Cuba Norte y la Proyección Cónica Conforme de Lambert.

Para el desarrollo del trabajo se empleó la hoja cartográfica San José de Las Lajas (3784-I) 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).

Se realizó la digitalización del mapa de suelos a escala 1:2 000, con el fin de obtener mayor nivel de detalle de las 100 ha dedicadas a la producción agrícola. Con este fin se utilizó un tablero digitalizador marca Kurta (24X36) y las herramientas que brinda el software ILWIS.3.4.

Para la digitalización se asumió un error por parte del operador de 0.4 mm para el 95 % de los elementos, igual procedimiento utiliza Vargas (2010), 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:

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

Para la conformación de las bases de datos se utilizó la información de suelos disponible en el área de estudiada que cumpliera con el requisito de variabilidad temporal, temática y espacial.

En el caso específico de las áreas dedicadas a la producción agrícola (100 ha), se realizó el estudio a escala más detallada dado a la mayor disponibilidad de información sobre las propiedades de los suelos y sus principales limitaciones agroproductivos para el adecuado desarrollo agrícola.

En los casos que fue necesario se procedió al análisis de laboratorio. Con este fin se tomaron muestras de suelos a las profundidades de 0-20 cm, 21-40 cm y 41 – 60 cm, respectivamente. Estas fueron puestas a secar hasta peso constante para luego ser tamizadas e identificadas para su posterior análisis.

Se utilizó el método de potenciometría, con una relación suelo: agua 1:2,5 para la determinación del pH; el de Walkley y Black para la materia orgánica del suelo (MOS) y el de complejometría, mediante la extracción con acetato de amonio 1 mol L^{-1} a pH 7, para la determinación de los cationes intercambiables Ca y Mg.

De igual forma se utilizó el método de Bouyoucos, con pirofosfato de sodio y hexametáfosfato de sodio, para la determinación de la textura del suelo; el método gravimétrico para la humedad del suelo y el de cilindros cortantes de 100 cm^3 , para la densidad aparente, entre otros análisis realizados.



Para la determinación de los factores limitantes agroproductivos se utilizaron las tablas de interpretación de datos de suelos (Instituto de Suelos, 1984; Herrera y Ramírez, 2016) a partir de las cuales es posible determinar los valores que pueden afectar su capacidad agroproductiva, así como los Instructivos técnicos de los cultivos de interés agrícolas para el área de estudio (hortalizas, granos y viandas) y el criterio de los expertos especializados en usos de las tierras.

Con el fin de automatizar el proceso se desarrollaron diferentes Scrip en la plataforma Ilwis, que permitieron asignar el nivel de importancia o significación a cada uno de los indicadores contemplados en el análisis a partir del criterio de expertos.

Los principales indicadores utilizados, a partir de la información disponible, como factores limitantes fueron el contenido de materia orgánica (%), la fertilidad natural, profundidad efectiva, presencia de elementos gruesos (Gravillas, piedras y rocas), riesgo de erosión y comportamiento del drenaje interno de los suelos

En casos de la cien ha, por tener mayor disponibilidad de información, se tuvo en cuenta además de los indicadores anteriores, la relación calcio-magnesio, la compactación a partir de la densidad del suelo, la reserva de carbono orgánico, entre otros factores.

Lo anterior permitió realizar una propuesta de medidas contextualizada a cada suelo en función al uso más común a que son sometidos. Estas se sustentan en las medidas de conservación recomendadas por la literatura especializada, así como el criterio de un grupo de expertos y productores con elevada experticia sobre los temas en cuestión.

Análisis de los resultados

Como premisa de la investigación se asumió un área de decisión mínima de 10 ha para el desarrollo del trabajo a nivel de toda la Granja y de 0,06 ha para el estudio detallado que se realiza en el área agrícola. Procedimiento semejante utilizaron Balmaseda (2006) y Vargas



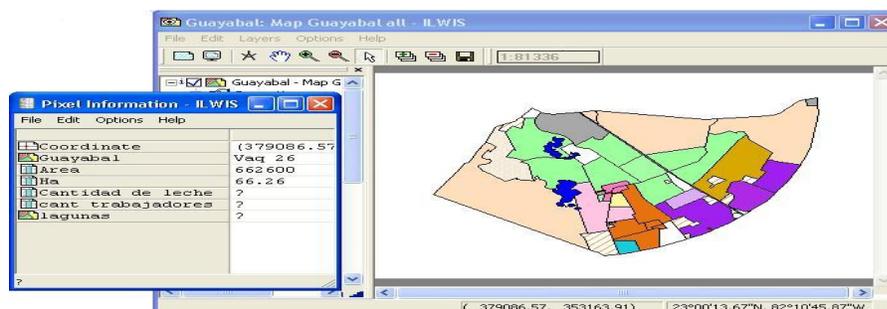
(2010). El error introducido en el proceso de digitalización fue de 5,66 m, valor inferior al área de decisión mínima, con lo que se garantiza que la exactitud espacial esté dentro del umbral permitido para la escala de trabajo.

La utilización de la tecnología SIG facilitó la gestión del levantamiento de la información necesaria que, por su naturaleza, se encuentra muy dispersa en diferentes formatos y escalas. Con la misma fue posible vincular, en una sola base de datos, la información gráfica y de atributos para apoyar el proceso de toma de decisiones relacionado con el uso y manejo sostenible al que pueden ser sometidos los agroecosistemas presentes en la Granja Guayabal (Figura 1). Ello conlleva al ahorro de tiempo, recursos y energía durante el proceso productivo, así como a aumentar considerablemente la precisión y calidad de los resultados en el área productiva.

Como parte del análisis se conoció que el área total de la granja es de 846.6 ha, siendo de vaquerías 431.9 ha, que representa el 22.41 % del total de la superficie estudiada. Además, se evidencia que los suelos que predominan son los del Tipo Genético Ferralíticos Rojos Lixiviados con el 58.97 %, seguidos de los Ferralíticos Amarillentos con el 31.28 % del total. Según Sánchez (2018) estos son los más abundantes de la parte occidental de Cuba.

Figura 1

Representación del Mapa Guayabal con la base de datos Asociada.



En el caso específico de los suelos dedicados a la producción agrícola se evidenció que el 70,21 % presentan la Categoría Agroproductiva I, lo que está dado a su elevada productividad

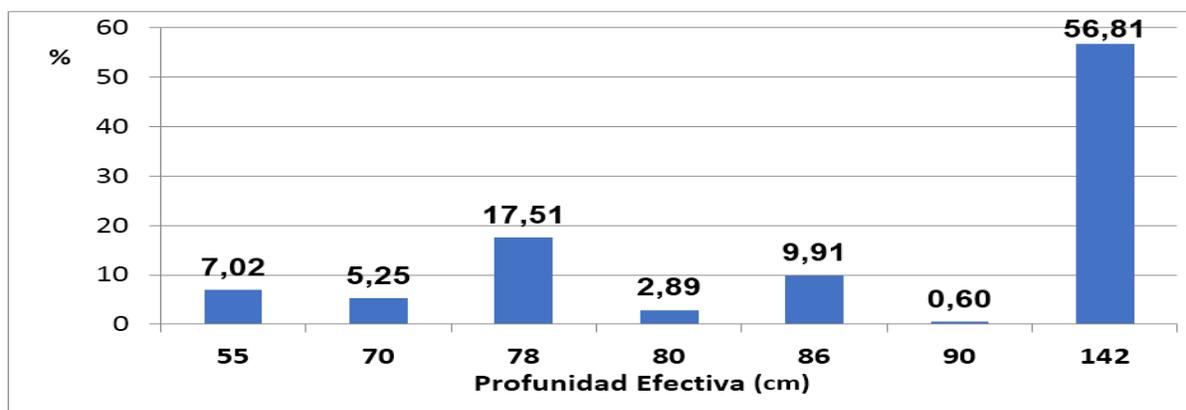


agrícola. Mientras que solamente el 29.79 % de los suelos evaluados presentan la categoría III, lo que implica la presencia de importantes limitaciones para la producción agrícola.

Del estudio de los factores limitantes Agroproductivos en el área agrícola se encontró que el 56,81 % de los suelos se catalogan como profundos según su la profundidad efectiva (Figura 2), mientras que el resto son medianamente profundos. Este factor limita el adecuado desarrollo de los cultivos. Lo que coincide con Falcón, Vargas, Torres y Herrera (2014), quienes plantean que este factor constituye una limitación desde el punto de vista mecánico para la preparación del suelo, además de afectar el equilibrio agua aire en la zona radicular, necesaria para el normal desarrollo de los cultivos.

Figura 2

Representación de la Profundidad Efectiva de los suelos utilizados para la producción agrícola en la granja "Guayabal".



Al evaluar la distribución espacial de la compactación de los suelos (Figura 3) se encontró que más del 57 % presentan compactación, con valores de densidad aparente igual o mayor a 1.23 g. cm^{-3} . Resultado semejante reportan Zayas, Boeckx y Vargas (2019) para suelos sometidos a cultivo intensivos en el municipio de Holguín. Este constituye uno de los factores limitantes agroproductivos que más se está manifestando en la actualidad debido, entre otros



factores, a la indisciplina tecnológica, lo que lleva asociado el exceso en la utilización de la maquinaria agrícola.

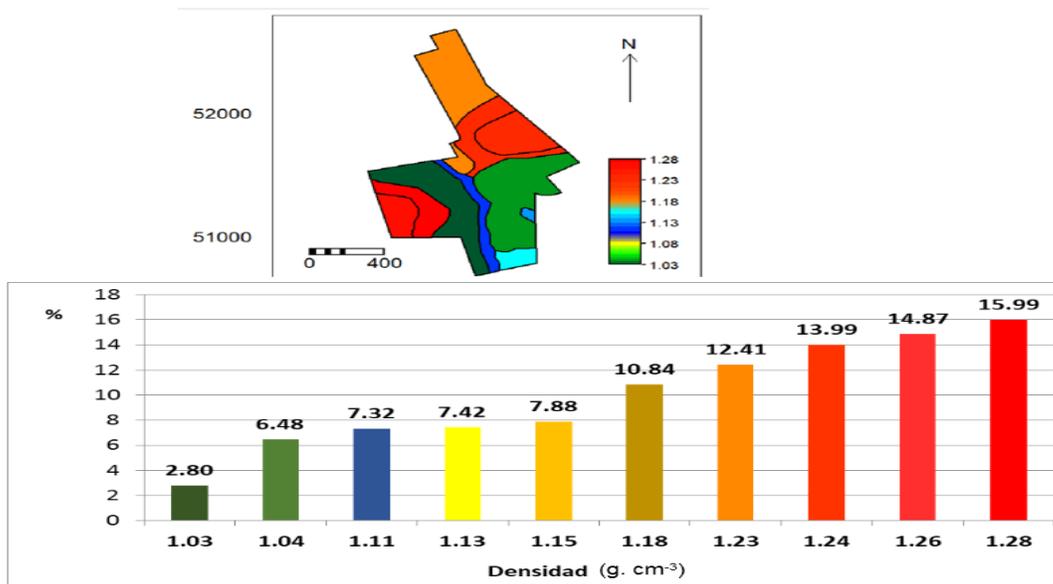
Al evaluar el drenaje de los suelos se demuestra que el 66.99 % del total de los suelos estudiados presenta la categoría de rápido, mientras que el resto (33,01 %) tiene un drenaje moderado. Si se considera que este factor limitante es extremadamente importante para el adecuado desarrollo de algunos cultivos, se impone la aplicación de medidas agrotécnicas para poder atenuar el mismo donde es moderado. Además, es muy importante tener en cuenta en la planificación de la campaña agrícola que en los suelos con drenaje moderado no deben establecerse cultivos que sean susceptibles a la humedad del suelo.

Tal es el caso de la producción de viandas, en especial la papa, la yuca y el boniato, cultivos que por sus características fisiológicas se ven afectados por el exceso de humedad en el suelo. Al respecto, Marrero *et al.* (2006) opina que esta afectación constituye uno de los principales factores limitantes de nuestro país, representado por el 40.3 % de la superficie total de los suelos agrícolas.



Figura 3

Representación de la densidad de los suelos utilizados para la producción agrícola en la granja "Guayabal".



Otro elemento importante para el adecuado desarrollo de los cultivos lo constituye la relación Inter catiónica, ya que de ella depende la asimilación de estos elementos al interior de la planta (Jaramillo, 2002). Al estudiar la relación entre el calcio y el magnesio se evidenció que del total de los suelos estudiados el 64.54 % se encuentran en el rango adecuado, mientras que en el resto esta relación es por debajo de dos, lo que implica la presencia de antagonismo entre ambos elementos.

De igual forma sucede con la distribución de carbono, siendo su contenido escaso, con valores que oscilando entre 34 a 82 t. ha⁻¹. Dicho comportamiento está dado al intenso manejo agrícola a que han sido sometidos estos suelos. Resultados semejantes fueron obtenidos durante varios años por Cabrera y Zuaznábar (2010), quien demostró que el monocultivo propicia la degradación del suelo al disminuir los contenidos de carbono orgánico.



A partir del análisis de los factores limitantes agroproductivos fue posible establecer un grupo de medidas de conservación de suelos contextualizadas a las necesidades reales de cada escenario evaluado. Ello contribuye a garantizar el manejo sostenible de los suelos con un enfoque agroecológico a aumentar los niveles de las producciones agrícolas. Las mismas comprenden un marco temporal para la acción de cinco años.

Dentro de las acciones establecidas para los suelos con presencia de compactación se recomienda establecer medidas rigurosas que conduzcan a la reducción de la labranza. Además, se deben tener en cuenta, dentro del cumplimiento de las atenciones culturales la posibilidad de utilizar el subsolador, al menos una vez al año, a una profundidad de entre 30 a 40 cm, así como la aplicación de materia orgánica y abonos verdes.

Otras acciones consisten en el empleo de sistemas de labranza reducida y labranza mínima, así como el uso de enmiendas orgánicas y minerales y evitar el empleo de equipos pesados para disminuir la compactación del suelo. De igual forma se recomienda utilizar sistemas de rotación de cultivos adecuados y en lo posible utilizar cultivos que tengan la posibilidad de incorporarse al suelo como materia orgánica y con ello contribuir a su descompactación, como es el caso del rábano blanco.

En el caso de los suelos con baja profundidad efectiva es imprescindible que en las labores de cultivo se tengan en cuenta las siguientes medidas:

- Organizar, perpendicular a la mayor pendiente, los residuos de las cosechas para amortiguar el volumen de escurrimiento del agua.
- Potenciar la tracción animal en las labores de cultivo, para disminuir la compactación del suelo.
- Establecer cultivos intercalados o asociación, que cubren mayor superficie de suelo e



incrementa el índice de utilización de la tierra.

- Realizar las siembras de los cultivos antes del comienzo de las lluvias para proteger al suelo de la erosión hídrica.

Por lo que se propone la aplicación de enmiendas orgánicas, a razón de 4-6 t. ha⁻¹ de estiércol vacuno. Además, se hace imprescindible localizar las fuentes cercanas de abonos orgánicos para incrementar el uso de las mismas como mejoradores y conservadores del suelo.

De igual forma se debe fomentar la producción de compost, bioabonos (biol, purines, lombricompost, etc.), biofertilizantes (Azotobacter, Azospirillum, Rhizobium, Mycobacterium, Micorrizas, entre otras.) y de abonos verdes (*Canavalia ensiformis*, *Crotalariajuncea* y *Mucuna aterrimum*, etc).

Por otra parte, en los suelos donde predominan los factores limitantes agroproductivos: Bajo contenido de materia orgánica, mal drenaje interno de los suelos y la inadecuada relación internutrientes es importante que la preparación de suelo se sustituya, en lo posible, al sistema convencional (6 ó 7 labores) por el sistema conservacionista (laboreo mínimo), con el fin de evitar el mullido excesivo de suelo, así como reducir el tiempo que el suelo permanece descubierto o desnudo a no más de 20 días.

Otras medidas consisten en realizar las labores de labranza en el momento de humedad óptima del suelo (tempero), con una profundidad de aradura entre 20-30 cm, en dependencia de la profundidad efectiva del suelo y las exigencias del cultivo. Además, se debe evitar el uso de equipos pesados para disminuir la compactación del suelo, usando preferiblemente tractor de goma; introducir aperos de corte horizontal como el multiarado y el tiller para fomentar la presencia de restos orgánicos en la superficie de los suelos, así como reducir el uso de gradas y



de labores innecesarias, que invierten el prisma del suelo, entierra los restos orgánicos y crean piso de arados.

Otras de las propuestas consisten en el empleo de cultivos intercalados o asociación con el fin de cubrir mayor superficie de suelo e incrementar el índice de utilización de la tierra.

Para la rotación de cultivos en condiciones de secano se debe tener en cuenta que los mismos se beneficien mutuamente. Para ello se hace necesario que estos mantengan el suelo cubierto, que ayuden a recuperar el contenido de materia orgánica, conserven la bioestructura, reduzcan la presencia de plagas y plantas invasoras, mantengan una elevada producción, entre otros elementos. Al respecto en la Tabla 1 se presenta una propuesta de rotación de cultivos en las áreas sometidas con disponibilidad de riego, teniendo en cuenta las épocas y el ciclo de desarrollo de los mismos.

Tabla 1

Propuesta de rotación de cultivos en las áreas bajo riego de la granja “Guayabal”.

Propuesta de cultivos para el primer año			
Tomate, Lechuga, Habichuela	Fríjol, Maíz, Calabaza.	Col, Boniato	Zanahoria, Soya
Propuesta de cultivos para el segundo año			
Zanahoria Soya	Tomate, Lechuga Habichuela Pepino, Rabanito	Fríjol, Maíz, Calabaza.	Col, Boniato
Propuesta de cultivos para el tercer año			
Col Boniato	Zanahoria Soya	Tomate, Lechuga, Ha bichuela Pepino, Rabanito	Fríjol, Maíz, Calabaza
Propuesta de cultivos para el cuarto año			
Fríjol, Maíz, Calabaza.	Col, Boniato	Zanahoria, Soya	Tomate, Lechuga, Habichuela, Pepino, Rabanito
Propuesta de cultivos para el quinto año			
Tomate, Lechuga , Habichuela,	Fríjol Maíz, Calabaza	Col Boniato	Zanahoria Soya



Pepino, Rabanito			
------------------	--	--	--

Conclusiones

1. Con la creación del SIG en la granja Guayabal fue posible la recopilación y georeferenciación de toda la información dispersa, tanto en formato digital como analógico, contribuyendo a la adecuada gestión de los recursos naturales y al proceso de toma de decisión en la unidad productiva.
2. Del análisis de la distribución espacial de los suelos y sus principales propiedades en la granja "Guayabal" se evidenció que los suelos que predominan son los del Tipo Ferralítico Rojos Lixiviados y los Ferralíticos Amarillentos Lixiviados que representan el 58.97 % y el 31.28 % del total respectivamente.
3. Dada a la marcada presencia de factores limitantes agroproductivos, entre los que se destacan la profundidad efectiva, 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.
4. 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.

Referencias bibliográficas

- Balmaseda, C. (2006). Contribución metodológica para la inserción de información edafológica en infraestructura de datos espaciales. Estudio de Caso: Mapa Nacional de Suelos, Escala 1: 25 000(Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas). Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana, Cuba.



- Cabrera, J. A. & Zuaznábar, R. (2010). Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del Carbono. *Cultivos Tropicales*. 31(1):00–00.
- Falcón, M. C., Vargas, H., Torres, F. & 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*, 35(4), 13-18
- Herrera, J. A. y Ramírez, L. F. (Primera edición). (2016). Métodos de evaluación de la fertilidad de suelos y la necesidad de nutrición de los cultivos. México, Universidad de Guanajuato Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Instituto de Suelos. (1984). Manual de interpretación de los índices Físico-Químicos y Morfológicos de los Suelos Cubanos. La Habana. Editorial Científico Técnico. Cuba
- Jaramillo, C. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. Medellín, Universidad Nacional de Colombia.
- Marrero, R. A., Riverol, M. y Aguilar, Y. (2006). El suelo, el agua y el manejo forestal. Agrinfor. Ministerio de la Agricultura, 82 pp. Cuba
- Montaño, N. M. & García, S. R. (2016). Redescubriendo el suelo: su importancia ecológica y agrícola. *Terra Latinoamericana* 34: 467-469. Cuba
- Sánchez, N. (2018). Evaluación de la distribución geoespacial y principales factores agroproductivos de los suelos de la Provincia de Mayabeque (Tesis presentada en opción al Título de Ingeniera Agrónoma). Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana, Cuba.
- Vargas, H. (2010). Generación de escenarios de Ordenamiento Territorial como contribución al desarrollo rural sostenible. Caso de estudio: municipio San José de las Lajas. La Habana



(Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas). Facultad de
Agronomía, Universidad Agraria de La Habana, Cuba.

Zayas S., Boeckx, P. & Vargas, H. (2019). Comportamiento productivo en agroecosistemas de
intercalamiento yuca frijol en el municipio Calixto García, provincia Holguín. *Revista
Cultivos Tropicales* 1 (40), a03-e03. Cuba.

