



**UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS**  
**“JOSÉ MARTÍ PÉREZ”**



**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**DEPARTAMENTO AGRONOMÍA**

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

***EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE UN SUELO  
FERRALÍTICO ROJO LIXIVIADO Y SUS INDICADORES EN LA  
FINCA “LA ESPERANZA” EN BANAÓ.***

**Autor:** YANET MARTEL CABRERA

**Sancti Spíritus, 2016**



**UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS**  
**“JOSÉ MARTÍ PÉREZ”**



**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**DEPARTAMENTO AGRONOMÍA**

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

***EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE UN SUELO  
FERRALÍTICO ROJO LIXIVIADO Y SUS INDICADORES EN LA  
FINCA “LA ESPERANZA” EN BANAÓ.***

**Autor:** YANET MARTEL CABRERA

**Tutor:** MSc. DILIER OLIVERA VICIEDO.

**Sancti Spíritus, 2016**

## **SÍNTESIS**

Los suelos rojos de las regiones tropicales se encuentran sometidos a un alto grado de meteorización fundamentado por las altas temperaturas y precipitaciones fundamentalmente. Además de ello, el factor antrópico juega un papel primordial en el cambio de las propiedades de los suelos, afectándose su fertilidad. La presente investigación se realizó en la finca “La Esperanza” perteneciente a la CCS “Ramón Pando Ferrer” del Consejo Popular Banao en el municipio de Sancti Spíritus. El objetivo fue evaluar los cambios que se producen en las propiedades químicas del suelo Ferralítico Rojo Lixiviado en función de su uso y manejo en condiciones de premontaña. Para ello se realizaron tres perfiles sometido a diferentes formas de explotación, desde suelo bajo vegetación natural (patrón) por más de 50 años; en barbecho con pasto (conservado) y bajo cultivo intensivo de cebolla (agrogénico) por más de 15 años respectivamente. Los parámetros evaluados fueron materia orgánica, pH y bases intercambiables, así como otras características propias para este tipo de agrupamiento de suelo. Además se realizó una caracterización siguiendo los criterios de las clasificaciones genéticas tanto cubana, como internacionales como el World Reference Base y la Soil Taxonomy respectivamente. Los resultados permitieron constatar las modificaciones que experimentan las propiedades químicas del suelo expresado en los parámetros estudiados donde las afectaciones más significativas se encuentran en el perfil cultivado>conservado>patrón.

## **SYNTHESIS**

The Red soils of the tropical regions are subjected to a high degree of weathering due by high temperatures and rainfall mainly. In addition, the anthropic factor plays a key role in the change of the properties of soils, affecting their fertility. This research was carried out on the farm "La Esperanza" belonging to the CCS "Ramón Pando Ferrer" of the Popular Banao Council in the municipality of Sancti Spiritus. The objective was to evaluate the Changes produced in the chemical properties of leached soil ferralitic network based on its use and management in conditions of pre-mountain. We analyzed three profiles of soils under different management systems grouped as: (I) Benchmark (under natural tree cover for more than 50 years); (II) Conservation soils (formerly cultivated then turned to pasture for more than 15 years); and (III) Agrogenic (soils under intensive cultivation for more than 15 years). The parameters evaluated were organic matter, pH and exchangeable bases, as well as other characteristics for this type of soil. We also carried out a characterization following the genetic classifications both Cuban and international as the World Reference Base and the Soil Taxonomy respectively. The results allowed to verify the changes experienced by the chemical properties of the soil expressed in the studied parameters where the most significant effects in Agrogenic profile> Conservation> Benchmark

## **PENSAMIENTO**

*“Los suelos son un recurso no renovable, su conservación es esencial para la seguridad alimentaria y un futuro sostenible”*

*FAO, 2015*

## DEDICATORIA

*A mis padres, hermana y esposo, los cuales son mi razón de ser y mi mayor inspiración.*

*A mis amigos, que en los momentos más difíciles de mi vida me han brindado su apoyo incondicional.*

*A aquellos profesores, capaces de ofrecerme conocimientos que me han permitido alcanzar este logro.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mi Tutor, MSc. Dilier Olivera Viciado, sin él no hubiese sido posible la culminación de esta investigación.*

*Al claustro de Profesores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.*

*Los compañeros del grupo, que me han apoyado para cumplir esta Gran misión de graduarme de Ingeniera Agrónoma.*

*A los que hoy la premura no me permite recordar y sin los cuales este empeño no se hubiese convertido en realidad.*

## ÍNDICE

Contenido	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	4
1.1. Los suelos de Cuba	4
1.2. Suelo Ferralítico Rojo lixiviado (Lixisol)	5
1.3. Influencia del factor antrópico	6
1.4. Tiempo de cambio de las propiedades del suelo	7
1.5. La evolución agrogénica del suelo <i>FRL</i> por el cultivo continuado	7
1.6. Interacción de la degradación del suelo y el cambio climático	7
1.7. Indicadores de la degradación del suelo por la evolución agrogénica	8
Tabla 1. Indicadores de la degradación de los suelos <i>FRL</i>	8
1.8. Fertilidad de suelos	8
1.9. Bases de la clasificación	9
1.10. Disminución de la fertilidad del suelo	10
1.11. Materia Orgánica.	10
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	12
2.1. Localización del experimento	12
2.2. Descripción de los perfiles	13
2.3. Caracterización de las propiedades químicas del suelo	13
2.3.1. Indicadores químicos y los métodos analíticos	13
Tabla 2. Indicadores químicos a evaluar, metodología y laboratorio	13
2.3.2. Determinación de pH en H <sub>2</sub> O y en KCL. Método potenciométrico	13
2.3.3. Determinación de materia orgánica en el suelo por (Walkley - Black)	14
2.3.4. Determinación de fósforo asimilable en el suelo por el método de Oniani	14
2.3.5. Extracción de cationes cambiables Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> , K <sup>+</sup> y Na <sup>+</sup>	15
2.4. Caracterización morfológica del suelo	15
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	16
3.1. Indicadores de la fertilidad química del suelo.	16
Tabla 3. Contenido de materia orgánica, pH y bases intercambiables	17
Gráfico 1. Materia orgánica y la densidad de volumen para los tres perfiles	18
Gráfico 2. Comportamiento del pH en H <sub>2</sub> O y KCL promedio para cada perfil	19
Gráfico 3. Comportamiento promedio del Ca <sup>+</sup> en cada perfil de suelo <i>FRL</i>	20
Gráfico 4. Comportamiento promedio del Mg <sup>++</sup> en cada perfil de suelo <i>FRL</i>	21
Gráfico 5. Comportamiento promedio del Na <sup>+</sup> y K <sup>+</sup> en cada perfil de suelo <i>FRL</i>	21
3.2. Caracterización de los perfiles del suelo	22
Tabla 4. Descripción del perfil patrón	22
Tabla 5. Descripción del perfil Conservado	24
Tabla 6. Descripción del perfil Agrogénico	26
<b>4. CONCLUSIONES</b>	27
<b>5. RECOMENDACIONES</b>	28
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	29
<b>7. ANEXOS</b>	34

## INTRODUCCIÓN

El suelo en estado natural está en un equilibrio dinámico con su medio ambiente, está fuertemente interactuando con la biosfera y está lleno de macro y micro fauna. Los principales cambios adversos en sus atributos físico- químico, conducen a reducir la función de su capacidad. Así, la degradación del suelo produce cambios adversos en sus propiedades y procesos en breve tiempo. Esos cambios pueden ser debidos a la remoción y alteración del equilibrio dinámico del suelo con el medio ambiente, debido a perturbaciones naturales o antrópicas. Las perturbaciones naturales son bajas, permitiendo al suelo adaptarse a las nuevas condiciones; no obstante, algunas perturbaciones naturales pueden ser rápidas con cambios drásticos. Sin embargo, las actividades antrópicas son más rápidas, perturban el delicado balance entre el suelo y su medio ambiente, y ocasionan alteraciones drásticas en las propiedades y procesos del suelo (Ramírez *et al.*, 2011).

Los estudios de suelos en el mundo han tomado un fuerte auge en los últimos 20 años, sobre todo posterior a 1990. Cada vez más es necesario prestar atención a este recurso que constituye el componente natural de los ecosistemas en el cual el hombre puede influir para lograr el sustento para la vida (alimentos y materias primas). Durante su formación el suelo en condiciones naturales de los ecosistemas adquiere propiedades en equilibrio con el medio, generalmente con un buen contenido en materia orgánica, estructura de agregados del tipo nuciforme y granular en el espesor superior del perfil, consistencia friable y adecuada porosidad, con muy buena actividad biológica. Este tipo de formación es muy frecuente en los suelos que evolucionan bajo bosques, sobre todo en los trópicos, donde además el suelo puede alcanzar una profundidad del solum adecuada. No obstante, el hombre desde los tiempos remotos de las primeras comunidades requiere de la producción de alimentos y materias primas, con lo cual surge la agricultura, que conlleva al cambio de los bosques naturales iniciales a áreas de cultivos o pastizales. Estos cambios indiscutiblemente provocan cambios en las propiedades de los suelos (Hernández *et al.*, 2014)

El uso del suelo con monocultivos y la mecanización no adecuada junto con la ausencia de prácticas de conservación, conduce a una fuerte erosión y a pérdida de productividad manifestada en caída de rendimientos, mientras la tierra se

degrada y la producción disminuye, los agricultores se ven obligados a ralea más áreas de bosques Hellin (2004). Las tasas máximas de degradación del suelo se observan cuando las operaciones de labranza se realizan a favor de la pendiente Sagredo (2005) y lluvias de alta intensidad impactan suelos de baja estabilidad estructural con poca o ninguna cobertura superficial (Castillo, 2004).

Por su parte la fertilidad del suelo se ha relacionado con la capacidad de suministro de nutrimentos esenciales para los cultivos y niveles no tóxicos de ciertos elementos, así como con otras propiedades como (pH, MO, CE, CIC) que restringen la expresión del rendimiento máximo posible del agrosistema (Peck *et al.*, 1977). Hay conceptos más amplios de la fertilidad de un suelo (Finck, 1995; Sims, 2000), que la consideran un atributo de la tierra, resultado de múltiples propiedades del suelo que interaccionan constantemente con las plantas y el ambiente. La evaluación de la fertilidad del suelo es útil para determinar su potencial productivo, elucidar los factores edáficos que pueden limitar dicho potencial, y establecer el efecto de diversas prácticas de manejo en la dinámica nutrimental edáfica. Tal información es necesaria para elaborar e implementar programas de aplicación de fertilizantes (químicos u orgánicos) que resulten rentables y ambientalmente aceptables (Castellanos *et al.*, 2000).

Los Cambios Globales en los Suelos (CGS) se conciben como cambios por la interacción Geosfera-Atmósfera, que impactan en el componente suelo de los diferentes ecosistemas donde se ha hecho evidente la acción antrópica. Estos cambios pueden ser graduales, rápidos o aún catastróficos y afectan la capacidad del suelo para la producción de alimentos o de vegetación espontánea. Por estas razones es necesario evaluar la degradación del suelo por ecosistema y en función del uso del suelo (Olivera, 2012).

Los suelos Ferralíticos Rojos de Banao, están expuesto desde hace varias décadas a la producción intensiva de hortalizas (cebolla y ajo) en condiciones adversas de topografía y donde las precipitaciones sobrepasan los 1500 mm anuales. Todo esto ha traído como consecuencia que en la actualidad y con tendencia a seguir incrementándose la mayoría de los suelos que hoy se destinan a estas hortalizas se encuentran presentando serios problemas de fertilidad, lo cual ha sido expresado en la disminución de los rendimientos y la productividad de los últimos años en la zona de mayor importancia del país en el cultivo de

estas Aliáceas (Olivera, 2012). Nuestra investigación pretende analizar cómo se comportan algunos indicadores de la fertilidad de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados influenciado por el factor antrópico y el cultivo intensivo de la cebolla en Banao. Donde la acción antropogénica del hombre es hoy día, la que ejerce las mayores transformaciones del edafopaisaje de la zona de mayor importancia cebollera del país. Esto provoca alteraciones significativas de las propiedades de los suelos, donde se afecta la fertilidad, trayendo consigo que en los últimos años los rendimientos de la Aliácea se hayan reducido considerablemente.

**Problema científico:** ¿Cómo se comportan los indicadores de la fertilidad química de un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado, sometido al cultivo intensivo de la cebolla bajo diferentes formas de uso y manejo?

**Hipótesis:** Mediante el diagnóstico y la caracterización de las propiedades químicas de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviado en el área de estudio, se podrán conocer como ha influido el factor antrópico y el cultivo intensivo de la cebolla en los indicadores de su fertilidad.

### **Objetivos de la investigación**

**Objetivo general:** Evaluar el comportamiento de la fertilidad y sus indicadores en un suelo FRL, sometido a diferentes formas de uso y manejo en la finca “La Esperanza” en Banao.

### **Objetivos específicos:**

- ❖ Determinar los parámetros químicos en relación a la fertilidad en los suelos Ferralíticos Rojos sometidos a diferentes formas de uso y manejo.
- ❖ Caracterizar los suelos de composición Ferralítica en el área de estudio, así como su evolución agrogénica en función de su manejo agrícola.

## **1. Revisión bibliográfica.**

### **1.1. Los suelos de Cuba**

El análisis de fertilidad de suelo es el procedimiento por el cual se mide las reservas de elementos esenciales que tiene el mismo, para saber su capacidad de suministrar nutrientes, lo cual puede proporcionar a los investigadores y agricultores una base precisa y confiable para que puedan tomar decisiones apropiadas respecto a las enmiendas y fórmulas de fertilización que requieren sus experimentos o parcelas. La fertilidad de los suelos se evalúa a partir de análisis químicos, físicos o biológicos, lo que resulta en alguna medida tedioso y con poca o ninguna visualización espacial del comportamiento edáfico, por ende, su conocimiento resulta importantísimo para el manejo adecuado de los suelos. La degradación de los suelos, ha tomado dimensiones internacionales afectando con mayor incidencia a las regiones tropicales, de las que no se excluyen a los suelos agrícolas de Cuba, en los que se combinan los factores naturales con los de manejos por el hombre ya que los procesos ocurren en forma más enérgica como resultado del cambio climático, la aplicación de tecnologías sofisticadas con altos insumos en la agricultura y los factores propios del subdesarrollo. La Sociedad de la Ciencia del Suelo ha identificado a la degradación de las tierras, como el principal problema ambiental de Cuba, con 76,8 % de las tierras productivas afectadas por al menos un factor limitante de su productividad y citan el manejo inadecuado de nutrientes (incumplimiento de la Ley de retorno), el riego, el monocultivo y las malas prácticas aplicadas a los suelos y la vegetación. Las Ciencias del Suelo están llamadas a influir de forma determinante, en propiciar que el suelo ocupe, como elemento fundamental del ecosistema, el lugar que le corresponde en la formulación de políticas ambientales, agrarias e institucionales, encaminadas a revertir o atenuar la situación actual, (Hernández et al., 2009).

Cuba es un territorio sometido a la antropogénesis tropical, dentro del país la llanura Roja de la Habana-Matanzas es una de las regiones con mayor influencia de la agricultura en las propiedades de los suelos, con más de cuatro siglos de explotación agrícola según Crawley en 1916. La mayor parte de los suelos Ferralíticos Rojos presentan una alta degradación, dada por los bajos contenidos de materia orgánica, compactación, pH altos, erosión fuerte y, en general baja productividad. Dentro de este contexto se ubica por citar unos ejemplos el

escenario finca Las Papa, de San José de las Lajas, de la provincia La Habana y los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de Banao, (Rodríguez et al., 2016).

En nuestro país (como en la mayoría de los países), el proceso de degradación se manifiesta en un alto porcentaje, por el inadecuado manejo y explotación de los suelos, además de las condiciones climáticas, topográficas y edafológicas existentes, que han dado lugar a la erosión entre fuerte a media, afectando una extensión aproximada que ronda los 2,9 millones de hectáreas (MMha), la salinidad y sodicidad se encuentra afectando alrededor de 1 MMha, la compactación a 1,6 MMha, pérdida de materia orgánica y la fertilidad con alrededor de 4,7 MMha, y 3 MMha respectivamente, entre otras (Riverol *et al.*, 2001).

Estudios recientes desarrollados por Hernández et al., (2014) sobre el comportamiento de las propiedades de los suelos Ferralítico *Rojo lixiviado (Nitisol o Lixisol)* en la llanura Habana- Matanza, plantean que los mismo pese a ser los más importantes del país, atendiendo a la respuesta productiva de la mayoría de los cultivos, a su vez presentan gran susceptibilidad ante los procesos de degradación, sobre toda la relacionada con su fertilidad. Esto está dado, entre otros factores propios de este agrupamiento, por la influencia del factor antrópico y los prolongados años de monocultivos que se generan en gran parte del país.

**1.2. Suelo Ferralítico *Rojo lixiviado (Nitisol Lixisol)*:** Por su extensión ocupan el segundo lugar con 2 054 200 hectáreas lo que representa el 23,5% del área estudiada. Se localizan en las extensas llanuras, como el Sur de Habana-Matanzas, llanura de Ciego de Ávila y con menor extensión en las demás provincias. Se forman generalmente a partir de Caliza dura, Esquistos y en menor grado sobre rocas Ígneas básicas. Son suelos de color rojo con materia orgánica bien evolucionada, arcillosos, friables con buen drenaje, pH entre 6.0-7.0, capacidad de cambio de baja a media, predominando como catión el calcio, con un alto grado de saturación que puede alcanzar el 95%. Aunque son suelos muy fértiles, las buenas propiedades físicas y físico- químicas de los suelos formados sobre calizas, los convierten en los más productivos del país. En ellos se desarrollan la mayoría de los cultivos tropicales, con altos rendimientos si se le aplica adecuadamente la agrotecnia apropiada a cada cultivo. No obstante, estas buenas propiedades, son suelos muy secantes que necesitan en época de

invierno estar sometidos a sistemas de riego para lograr resultados satisfactorios. Por el uso intensivo a que han estado sometido estos suelos durante muchos años, sus propiedades se han deteriorado, pudiendo citarse que: Se han compactado por un uso indiscriminado de la maquinaria, su fertilidad en general ha disminuido por la carencia de fertilizantes, algunos casos se han alcalinizados y otros casos se han acidificado Olivera (2012).

### **1.3. Influencia del factor antrópico**

Está demostrado que, con la actividad del hombre en la producción de alimentos, los suelos cambian en sus propiedades. De esta forma, Szabolcs (1990) muestra como con el surgimiento y desarrollo de la agricultura se ha ido incrementando el cambio de las propiedades del suelo, hasta llegar a la “agricultura de altos insumos” o de la “Revolución Verde”, que comienza posterior a la Segunda Guerra Mundial en 1945. Estos cambios conllevan a procesos inducidos por el hombre, también llamados procesos antrópicos, que conducen a diferentes cambios en los suelos. Ya desde la década de los años 50 en algunos trabajos de Europa sobre todo en la antigua Unión Soviética, se viene prestando atención al cambio de las propiedades de los suelos por la influencia del cultivo. Resultados en este sentido se tienen Hernández et al. (2006; 2010; 2011; 2013); Morell y Hernández (2008); Morales et al. (2008); Orellana et al. (2008). Tonkonogov (1987) define la transformación de las propiedades del suelo por influencia del cultivo continuado (antropogénesis) como “cambio agrogénico”. Este término de “agrogénico” se viene popularizando en los últimos tiempos en estudios edafológicos (Tonkonogov y Guerasimova, 2005; Levedeva et al., 2005; Dubrovina, 2009; Hernández et al., 2009, 2013).

### **1.4. Tiempo de cambio de las propiedades del suelo**

Durante la formación natural del suelo, no todas las propiedades tienen el mismo tiempo de cambio. Hay propiedades que cambian en un período corto de tiempo como la humedad, densidad aparente, porosidad, etc. Pero hay propiedades que cambian más lentamente, como la acumulación de la materia orgánica, la formación de minerales secundarios, hasta llegar a la composición mecánica del suelo que cambia en un período de tiempo muy largo (Hernández et al., 2014).

### **1.5. La evolución agrogénica del suelo FRL por el cultivo continuado.**

Internacionalmente hoy día se maneja que la degradación del suelo por el cultivo continuado conlleva al cambio de sus propiedades y esto se denomina evolución

agrogénica (Guerasimova et al., 2005; Shishov et al., 2004; Tonkonogov y Guerasimova, 2005; Dubrovina, 2009; Hernández et al., 2009). A continuación, se presenta algunos criterios sobre el mecanismo de esta evolución en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. Para explicar la evolución agrogénica del suelo tendremos en cuenta dos aspectos diferentes: Mecanismo de la acción del cultivo continuado en el cambio de la estructura y de la evolución del suelo FRL y el lixiviado frontal del suelo. Además, es necesario tomar en consideración el poder de recuperación del suelo FRL lo que se conoce también como “resiliencia del suelo.

### 1.6. Interacción de la degradación del suelo y el cambio climático

Las actividades del hombre han provocado cambios del medio en forma considerable. Por una parte, su influencia en el aumento de gases en la atmósfera, también conocidos como Gases de Efecto Invernadero (GEI), con un incremento del 50% de la concentración de CO<sub>2</sub> en los últimos 100 años y tendencias similares en otros gases como CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, y O<sub>3</sub>. Esta situación ha conllevado a lo que se conoce como “Cambio Climático”, con variaciones del clima e incidencia de eventos meteorológicos muchas veces impredecibles, lluvias intensas, sequías, impactos de huracanes, tifones, etc. Además, se está produciendo el “calentamiento global de la atmósfera, con incrementos de temperatura media de 0,8-1°C anual (Sombroek, 1990).

Esta situación conjuntamente con el aumento de la degradación del suelo en los últimos 50-60 años, que se produzca una sinergia entre la degradación del suelo y el cambio climático, dentro de lo que se conoce como “Cambios Globales en los Suelos” (Hernández et al., 2014)

### 1.7. Indicadores de la degradación del suelo por la evolución agrogénica (Hernández et al., 2013).

Tabla 1. Indicadores de la degradación de los suelos FRL por la evolución agrogénica.

Propiedades/Suelo	FRL patrón	FRL conservado	FRL agrogénico
Tipo de perfil	O-Ah-Bt-C	A o Ah-Bt-C	ABtC; BA-Bt-C; BA-Btpa-C
Estructura horizontes A:	-Granular	-Granular o nuciforme	-Bloques subangulares o bloques prismáticos en ambos horizontes
Bt	-Bloques subangulares o poliédrica	-Bloques subangulares, poliédrica	
Contenido en MO	Muy alto >5	Mediano a alto	Mediano a bajo

(%) Factor de dispersión	De 10-15	3,5-4,5 De 15-20	< 2 - 3 >20
Densidad de volumen (kg dm <sup>-3</sup> )	En el horizonte A de 0,9-1,05 En el Bt entre 1,0 y 1,10	En A de 1,00 a 1,10 En Bt de 1,05 a 1,15	En A >1,10 En Bt puede llegar a 1,30-1,40
Actividad micorrizica	Alta tanto por la cantidad de esporas como por la producción de glomalina	Media, con reducción en la producción de esporas	Baja, tanto por la cantidad de esporas como por la cantidad de glomalina

### 1.8. Fertilidad de suelos

“Suelo fértil” se ha usado convencional y tradicionalmente para comprender y conocer el estado y el comportamiento de los suelos en los contextos agropecuario y forestal. La definición común de suelo fértil plantea que es aquel que tiene la capacidad de suministrar los nutrientes suficientes al cultivo, asegurando su crecimiento y su desarrollo (Havlin et al., 1999).

### 1.9. Bases de la clasificación

La Nueva Versión (anterior) Clasificación genética de los Suelos de Cuba (Hernández et al., 1999), se elaboró sobre la base de características y propiedades de los suelos en relación con su génesis. En esa versión se establecieron horizontes de diagnóstico en relación con los procesos de formación de los suelos y además características de diagnóstico. Ello, sin lugar a dudas, permitió en ese año perfeccionar y precisar mejor la clasificación de los suelos de Cuba.

El objetivo de esta clasificación morfogenética lo constituye el suelo: cuerpo natural constituido por un sistema de horizontes, los cuales se originan por la interacción de factores de formación, que dan lugar a procesos de formación. Por esto, las propiedades de los diferentes horizontes están en relación con las transformaciones (tipo e intensidad) que tiene lugar durante la formación del suelo, es decir, su génesis. Debido a esto, los horizontes del suelo se denominan horizontes genéticos. Dentro de estos horizontes se incluyen en nuestra clasificación los horizontes que responden a la formación natural del suelo y los que están afectados además por la acción del hombre (acción antropogénica).

El sistema de horizontes genéticos interrelacionados con la génesis del suelo constituye el Perfil Diagnóstico, sobre el cual se establece la clasificación completa del suelo.

Por consiguiente, en la versión actual, continuamos aplicando el principio de génesis, igual en la línea de trabajo anterior, teniendo en cuenta tres aspectos principales que son:

1. Horizontes y características de diagnóstico en relación con los procesos de formación del suelo.
2. Características morfológicas del suelo y su composición química mineralógica en relación con su evolución.
3. Elaboración de perfiles de diagnóstico hasta nivel de subtipo y géneros del suelo.

La clasificación sigue cuatro principios principales que deben regir cualquier sistema de clasificación de suelos (Shishov et al.,2004)

#### **1.10. Disminución de la fertilidad del suelo.**

Este proceso de degradación comienza por la transformación del suelo de bosque en suelo de sabana, perdiendo gran parte de la materia orgánica del suelo (MO). Cambios en el uso de la tierra pueden llevar a pérdidas en las reservas de carbono y en la fertilidad del suelo. Se estima que actualmente el 20% de las emisiones de CO<sub>2</sub> provienen de la deforestación y el uso de la tierra (Ponce de León, 2003).

Cuando surge cualquier proceso de degradación en los suelos, se afecta grandemente su fertilidad, pasando el suelo a tener una capacidad agroproductiva menor. Se puede decir que la forma más típica de disminución de la fertilidad de los suelos es por las pérdidas por erosión. Según Segalen (1970) las pérdidas de 120 t/ha de suelo, registradas en Costa de Marfil, en pendiente de 12% dan lugar a pérdidas en carbonos orgánicos y nutrientes en la forma siguiente:

- 440 kg de carbono orgánico
- 53 kg de nitrógeno
- 23 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- 71 kg de CaO
- 35 kg de K<sub>2</sub>O
- 103 kg de Na<sub>2</sub>O.

- 23 kg de MgO

Que a su vez representa en fertilizantes o enmiendas:

- 3,6 t de estiércol
- 240 kg de dolomita
- 60 kg de KCl
- 250 kg de  $\text{SO}_4(\text{NH})_2$
- 130 kg de superfosfato a 18% de  $\text{P}_2\text{O}_5$

### **1.11. Materia Orgánica.**

Manejo apropiado de materia orgánica del suelo es el factor principal en mantener la fertilidad de suelos en áreas tropicales, como la materia orgánica es la fuente primaria de nutrientes para las plantas. Dick et al., (2001) han indicado que aumentar materia orgánica también puede disminuir absorción de fósforo por el suelo y aumentar disponibilidad de fósforo para las plantas. Sin embargo, materia orgánica en el suelo es muy lábil (se deshace rápidamente), y se pierde rápido cuando se ventila con la cultivación. La pérdida de materia orgánica puede ser reducida minimizando disturbios del suelo, pero productividad a largo plazo solo se puede asegurar con un programa de manejo que incluye adiciones de materia orgánica al suelo. Algo de materia orgánica se agregará al suelo cuando estiércol u otras fuentes orgánicas se usan. El manejo de estos materiales, sin embargo, será basado en contenido de nutrientes y la cantidad de materia orgánica agregada será inadecuada para mantener la materia orgánica en el suelo. El mantenimiento de materia orgánica solo se puede lograr con prácticas apropiadas de manejo.

Diversos autores como Ferrotti *et al*; (2005), plantean que la MO y el nitrógeno (N), son componentes esencialmente alterados por las prácticas de manejo del suelo. La MO es un componente clave del suelo ya que esta ejerce influencia sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, que definen la productividad del mismo. Los cultivos generalmente disminuyen la MO, especialmente si son realizados bajo laboreo tradicional. La cantidad de MO es el resultado del balance entre la humificación y la mineralización en condiciones naturales. Tal balance puede ser manejado por la cantidad de carbono orgánico que es retornado al suelo y por el cambio de preparación de suelos y fertilización.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Localización del experimento:**

La investigación se desarrolló en la finca “La Esperanza” perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicio (CCS) fortalecida “Ramón Pando Ferrer” en la comunidad agrícola de Banao, situada al suroeste del municipio cabecera de la provincia de Sancti Spíritus, en las coordenadas X: 216 000 - 218 000 y Y: 539 000 - 550 000 de acuerdo al sistema de coordenadas plano rectangular Cuba Norte, hoja cartográfica 4 281-II-b publicado por Geocuba (Rodríguez (2014).

Se tiene en cuenta para este estudio el análisis de algunos indicadores y características químicas del perfil del suelo en función de su manejo, de acuerdo a los criterios de evaluación descrito por (Hernández et al., 2014).

En función de esto criterios se tomaron tres perfiles de suelos Ferralíticos Rojo Lixiviados, caracterizados y descritos en el sistema productivo “La Esperanza”, en la Comunidad Banao por (Hernández et al., 2014).

Los perfiles estudiados en relación con el uso del suelo se presentan a continuación:

**Perfil 1.** Tomado bajo vegetación espontanea sin cultivo por más de 50 años (Patrón)

Para tomar en consideración el criterio de perfil patrón o de referencia, se tiene en cuenta que el área de localización para la toma de muestras, se encuentre lo más próximo a sus condiciones naturales, es decir sin la incidencia del factor antrópico.

**Perfil 2.** Tomado en área de pastos en los últimos 15 años (Conservado).

Para este perfil tenemos como criterio que el suelo haya sido cultivado inicialmente y posteriormente se haya dejado de cultivar y se encuentre en barbecho o pasto, por un periodo mayor o igual a 15 años, permitiendo que mejoren paulatinamente las características del mismo en comparación a su estado de cultivo.

**Perfil 3:** Tomados en área de cultivo intensivo de cebolla por más de 15 años (Agrogénico). Tomado bajo cultivo intensivo, en nuestro caso el cultivo de la cebolla por un periodo superior a los 15 años de explotación intensiva, siguiendo el criterio de una agricultura convencional para esta aliácea.

Para determinar el estado actual del suelo en estudio teniendo en cuenta los objetivos trazados se analizaron y caracterizaron los siguientes parámetros:

## 2.2. Descripción de los perfiles.

Se realizó por el Manual Metodológico para la Cartografía Detallada y la Evaluación Integral de los Suelos de (Hernández *et al.*, 1995) y su clasificación mediante la “Clasificación Genética de los Suelos de Cuba” (Hernández *et al.*, 2015). Por su parte también se correlacionaron los suelos (Hernández *et al.*, 2005) con las clasificaciones internacionales WRB (2014) y la Soil Taxonomy (2010).

## 2.3. Caracterización de las propiedades químicas del suelo.

El tipo de suelo en la unidad experimental de la finca “La Esperanza” es Ferralítico Rojo Lixiviado Nodular Ferruginoso sobre esquistos que se puede correlacionar, con el *Lixisol Ródico Éútrico por el World Referente Base* (2014) y con *Mollic Rhodudalf* por la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2010).

### 2.3.1. Indicadores químicos y los métodos analíticos.

Se realizó a través del manual de técnicas analíticas de análisis de suelos, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos (Paneque *et al.*, 2002). En la tabla 1, se presentan los análisis realizados y posteriormente se describen los principales métodos utilizados.

Tabla 2. Indicadores químicos a evaluar, metodología y laboratorio.

Parámetros químicos	Metodología	Laboratorio
pH en H <sub>2</sub> O y en KCL	Potenciométrico	UNISS
Materia orgánica	Walkley & Black)	ETICA y UNESP
Fósforo asimilable	método de Oniani	ETICA y UNESP
Cationes cambiabiles	Acetato de amonio 1N	ETICA y UNESP
Humedad	Método gravimétrico	UNISS

UNISS: Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, Sancti Spíritus, Cuba.

ETICA: Estación Territorial de Investigación de la Caña de Azúcar, Villa Clara, Cuba.

UNESP: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Sao Paulo, Brasil.

### 2.3.2. Determinación de pH en H<sub>2</sub>O y en KCL. Método potenciométrico.

El pH es un valor que indica la concentración de iones H<sup>+</sup> y OH<sup>-</sup> en el suelo, indicando el estado de acidez o alcalinidad. Su determinación es importante porque influye sobre la fertilidad de los suelos y condiciona el desarrollo de las plantas que se establecen en ellos. (Paneque *et al.*, 2002).

#### a) Determinación de pH en H<sub>2</sub>O

Técnica analítica

1- Se pesan 20 g de suelo seco al aire y pasado por Tamiz de 0.5 mm y se transfieren a un Beaker de 100 - 150 mL.

2- Se añaden 50 mL de agua previamente hervida y fría, se agita con un agitador de vidrio hasta formar una mezcla homogénea. Posteriormente se agita a intervalo de 10 - 15 minutos durante una hora.

3- Pasado el tiempo indicado se lee en el potenciómetro el valor de pH.

#### b) Determinación de pH en KCl.

- Técnica analítica

Es igual que la utilizada para determinar pH en agua, con la diferencia de que en el Punto 2 en lugar de añadir 50 mL de agua destilada, se añaden 50 mL de KCl solución 1N. Por lo demás todos los pasos son iguales.

#### **2.3.3. Determinación de materia orgánica en el suelo por (Walkley - Black).**

El método está basado en la oxidación del carbono de la materia orgánica del suelo por la acción del K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> en solución sulfúrica. Es requisito indispensable, para obtener resultados confiables, que en la determinación se utilice exceso de solución de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> y que el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sea concentrado. La oxidación del carbono es activada por el desprendimiento del calor que se produce al añadir el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado sobre la solución de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, lo cual debe ser aprovechado al máximo porque de ello depende la eficiencia de la reacción oxidación - reducción. Con este método se obtienen valores confiables y correlacionan bien con los obtenidos con otros procedimientos.

#### **2.3.4. Determinación de fósforo asimilable en el suelo por el método de Oniani.**

La determinación de fósforo en suelos es importante porque es un elemento determinante para el desarrollo de los cultivos y sus resultados pueden servir de guía para orientar la fertilización.

#### **2.3.5. Extracción de cationes cambiables Ca, Mg, K y Na con acetato de amonio 1N de pH = 7 con relación suelo - solución de 1: 5.**

La extracción de los cationes de los suelos se hace con una solución de una sal neutra. El Acetato de Amonio en solución normal y ajustado su pH a 7 es la más usada en el mundo. Cuando la extracción se hace con la relación de suelo - solución de 1: 5 y agitando durante 5 minutos, entonces los cationes extraídos se

expresan como "intercambiables" que es la expresión más utilizada internacionalmente y los valores que se obtienen son más representativos para hacer la evaluación de los suelos. (Paneque et al., 2002).

Por último, se tuvo en cuenta y se analizaron además algunas características morfológicas del perfil del suelo según los criterios de (Hernández *et al.*, 1995) presentadas en la tabla 2.1, por su relación y, como complemento de las propiedades químicas, realizándose un análisis de regresión lineal en función de algunos de los parámetros estudiados.

#### **2.4. Caracterización morfológica del suelo.**

- Tipos de horizontes genéticos
- Tipos de horizontes y características de diagnóstico
- Transición entre los horizontes
- Color por la Tabla de Munsell (Munsell Soil Color Charts, 2000)
- Tipo de estructura
- Humedad
- Consistencia

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Durante el desarrollo del experimento se pudo constatar que para los tres perfiles es común el proceso de Ferralitización, fundamentado por su color, profundidad, características de diagnósticos y horizontes principales y normales; entre otras propiedades propias de este tipo de agrupamiento de suelo. Por su parte también se diagnosticó el proceso de lixiviación hacia el horizonte Bt, caracterizado por la textura, estructura y la presencia abundante de sobreescurrecimientos (cutanes), coincidiendo con otros estudios como los desarrollados por (Borges, 2004; Morell *et al.*, 2004; Hernández *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2016). Por estos elementos, los tres perfiles se clasificaron como del tipo Ferralítico Rojo Lixiviado Nodular Ferruginoso, dentro del Agrupamiento de suelos Ferralíticos (Hernández *et al.*, 2015), que se puede correlacionar según (Hernández *et al.*, 2005) como el suelo Lixisol Ródico, Éutrico según el World Reference Base (WRB, 2014) y Mollic Rhodudalf por la Soil Taxonomy (2010). Las diferencias en estos suelos están dadas por el tipo de manejo y utilización de la tierra, así como la distribución de los horizontes, su estructura y compactación.

Para Hernández *et al.*, (2010) los procesos de degradación de los suelos es provocado por el desconocimiento de las condiciones edafológicas y de mejoramiento, cuando se va a poner en explotación agrícola una región determinada hacen énfasis estos autores en que el suelo es el espejo de la naturaleza, por lo que constituye un bloque de memoria, que registra y manifiesta todos los cambios que han ocurrido durante su formación a través de sus propiedades morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e hidrofísicas.

#### **3.1. Indicadores de la fertilidad química del suelo.**

Mediante el conocimiento de las propiedades químicas del suelo se puede conocer como se ha afectado su fertilidad y el suministro de nutrientes para las plantas. En la tabla 4.1 se pueden observar el comportamiento de la materia orgánica, pH y las bases intercambiables para cada uno de los perfiles estudiados, donde se puede comprobar como se afectan estas propiedades en función del tipo de manejo al que han estado sometidos estos suelos durante muchos años.

Tabla 3. Contenido de materia orgánica, pH y bases intercambiables de los tres perfiles

Horizontes	Prof. cm	MO %	pH		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> cmol/kg <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup>	Suma
			H <sub>2</sub> O	KCL					
<b>Perfil # 1 Patrón</b>									
Am	0-23	4.22	6,9	6,2	16,65	2,01	0,45	0,76	19,87
B <sub>11</sub>	23-40	2.46	7,5	6,3	13,14	1,54	0,23	0,16	15,07
B <sub>2</sub> tfral	40- 85		7,6	6,3	12,65	1,92	0,19	0,12	14,88
B <sub>3</sub> nf	85- 100		7,7	6,6	14,13	1,55	0,28	0,1	16,06
<b>Perfil # 2 Conservado</b>									
A	0-18	2.66	7,9	7,3	16,57	1,26	0,07	0,43	18,33
B <sub>1</sub>	18- 31	1.74	7,8	6,6	8,66	0,71	0,14	0,18	9,69
B <sub>21</sub> t	31-54		7,7	6,4	8,92	0,58	0,13	0,18	9,81
B <sub>22</sub> t	54-95		7,6	6,2	9,21	0,55	0,18	0,2	10,14
<b>Perfil # 3 Agrogénico</b>									
A	0-10.	1.73	6,9	6,3	7,3	0,68	0,11	0,58	8,67
B <sub>1</sub>	10-30	0.54	7,6	6,5	8,83	0,58	0,07	0,14	9,62
B <sub>11</sub> t	30-78		6,3	5,4	12,33	2,58	0,21	0,16	15,28

En el gráfico 1 se puede observar el comportamiento de la materia orgánica y la densidad de volumen (Da) para cada uno de los perfiles de suelos estudiados. Como se puede observar en el análisis de regresión lineal el comportamiento de la materia orgánica tiene una relación directa con relación a la densidad de volumen, donde a medida que aumenta la misma disminuye la densidad de volumen y viceversa. Es decir, nos está mostrando que en el suelo patrón los valores de materia orgánica fue de 3,34% para la capa de 0-40 cm seguidos por el perfil conservado con 2,2 % y finalmente el perfil cultivado con solo 1,14 para esta profundidad. Si tenemos en cuenta que el cultivo de la cebolla presenta un sistema radicular pequeño, que se desarrolla en estos primeros centímetros de suelo, podemos percatarnos que en el caso del perfil agrogénico la materia orgánica es deficiente en comparación a los demás perfiles. Por si eso fuera poco, consideramos además los valores de la densidad aparente, podemos inferir que el suelo cultivado o agrogénico presenta una elevada compactación según Martín y Durán, (2008) lo que limita el desarrollo del cultivo de esta aliacea. Anexo 1.

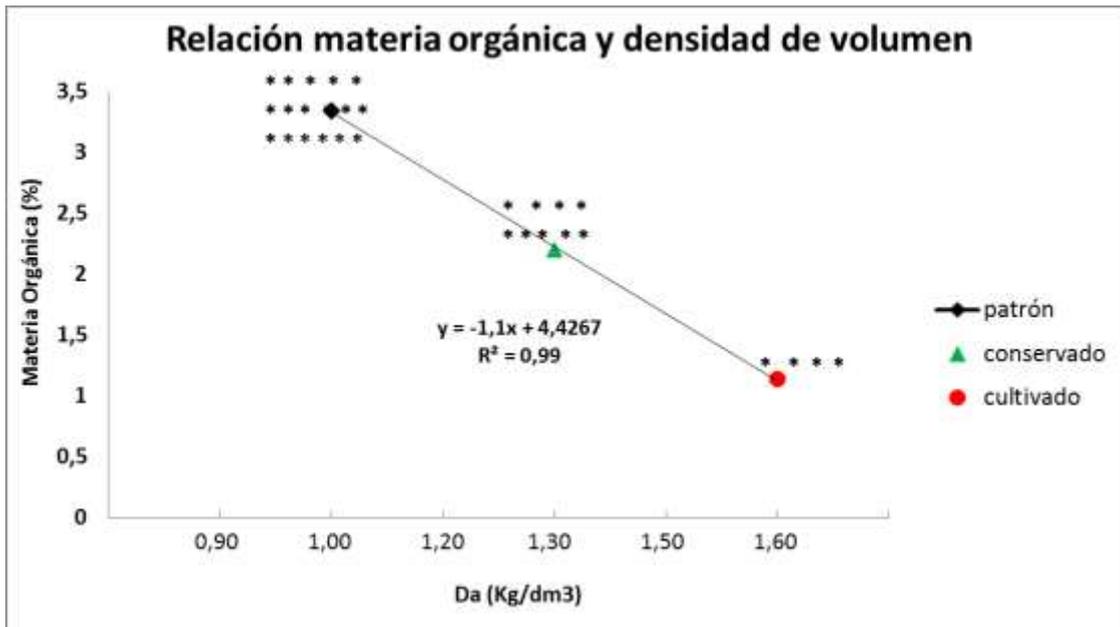


Gráfico 1 Materia orgánica y la densidad de volumen para los tres perfiles

En relación al pH del suelo se midió su relación tanto en agua como en cloruro de potasio para cada uno de los perfiles de suelo y a una profundidad de 0-40 cm desde la superficie. Como se puede observar en el gráfico 2 los valores de pH (H<sub>2</sub>O) se comportaron para estas profundidades de forma neutra para el perfil patrón, básico para el perfil conservado y sobre lo neutro para el perfil agrogénico. Nos llama la atención que estos valores de pH, se encuentran sobre lo básico, contrario a lo que se plantea con el proceso de Ferralitización. Sin embargo, ya varios autores como (Hernández et al., 2014) han hecho alusión a este comportamiento, fundamentando que es debido a un lavado ascendente de la solución del suelo, que puede estar sucediendo debido al cambio climático, si se considera que en época de lluvia hay lavado, pero en época de seca hay iluviación inversa. Estos resultados demuestran que realmente en estos suelos no está ocurriendo un proceso de lavado de bases, propio de los suelos Ferralíticos de otras regiones. Además debido al ascenso de las temperaturas medias que van llegando a 1°C, así como es desequilibrio de las estaciones del año. Este aumento del pH en estos suelos puede tener efectos negativos para el cultivo de la cebolla, papa y el tabaco. Por esta razón el estudio del proceso de aumento del pH en estos suelos tienen una elevada prioridad en el contexto de las diferentes cadenas productivas (Cánepa et al; 2011).

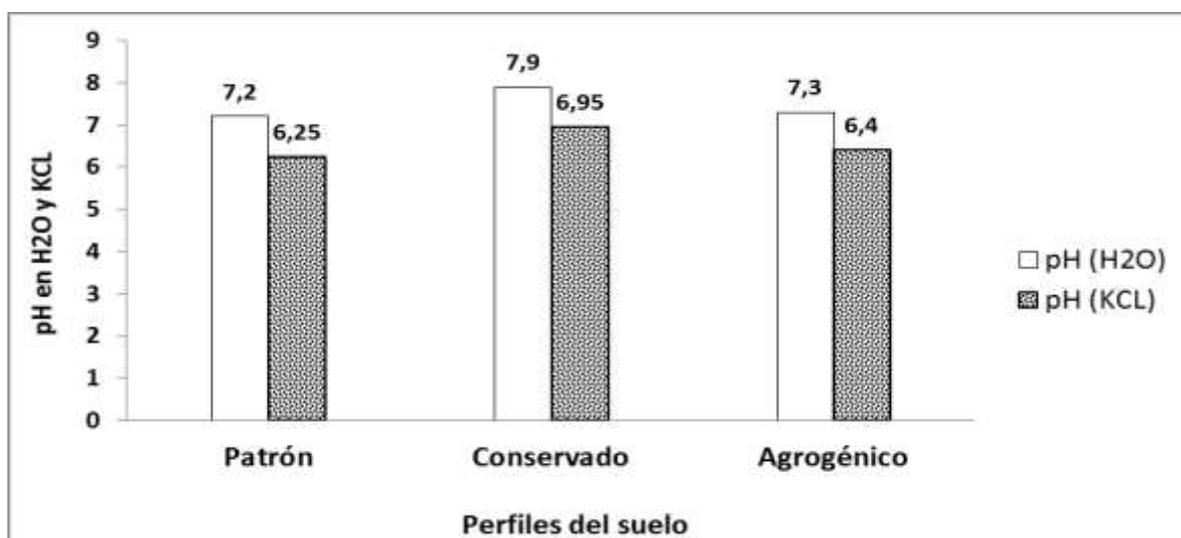


Gráfico 2. Comportamiento del pH en H<sub>2</sub>O y KCL promedio para cada perfil.

En relación a las bases intercambiables se puede observar que su contenido en el suelo se afecta en función del manejo al que este es sometido. En el caso del (Ca<sup>2+</sup>) podemos apreciar como su contenido es mayor en los perfiles 1 y 2 respectivamente con relación al perfil 3 (patrón > conservado > agrogénico), esto puede estar fundamentado debido al proceso de mineralización y la actividad de la micro y macrofauna del suelo en la descomposición de la materia orgánica, no siendo visible esta actividad biológica en el perfil 3, el cual ha estado sometido a una intensa antropogénesis por muchos años, bajo prácticas convencionales del cultivo de la cebolla en un agroecosistema abrupto. Estos resultados coinciden con los descritos por (Rodríguez y Rogert 2011; Rodríguez et al., 2016) en un suelo tropical con condiciones similar al de nuestra investigación. Estos autores comprobaron que a medida que el suelo es puesto bajo condiciones adversas de cultivo y agricultura convencional, con prácticas inapropiadas de fertilización química y sistemas de riego inadecuado las bases intercambiables experimentan una disminución gradual de su contenido. En el gráfico 3, se puede observar el comportamiento promedio del Ca<sup>2+</sup> para cada uno de los perfiles, donde si nos percatamos en el análisis de regresión existe una relación lineal con un coeficiente de determinación R<sup>2</sup>= 95%.

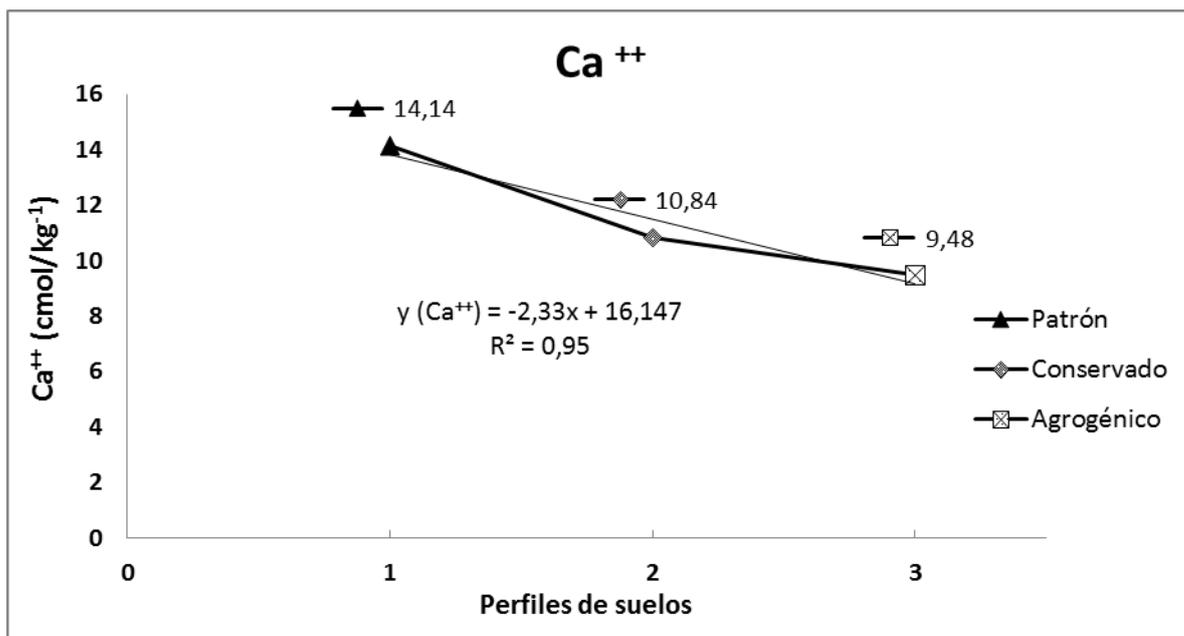


Gráfico 3. Comportamiento promedio del  $\text{Ca}^{++}$  en cada perfil de suelo FRL.

Otro de los elementos analizados fue el  $\text{Mg}^{++}$  para el cual se realizó un análisis de regresión polinómica (gráfico 4.), teniendo en cuenta que el comportamiento no fue lineal como en el caso del  $\text{Ca}^{++}$ , alcanzándose los mayores valores como sigue a continuación (patrón > agrogénico > conservado). Este comportamiento puede ser explicado porque el perfil 1 existen mayores acúmulos de materia orgánica y de nutrientes con relación a los demás perfiles. Por su parte como podemos apreciar en el caso del perfil 3 se encontraron valores mayores de este elemento con relación al perfil 2, lo cual es atribuido al empleo continuo de fertilizantes químicos, entre ellos  $\text{MgSO}_4$ . Debemos resaltar que en el perfil agrogénico los acúmulos de este elemento fundamental para la cebolla (cultivo principal), se encuentran por debajo de los 30 cm de profundidad lo que sumado a la alta compactación de ese suelo se hace limitante en ocasiones para las plantas, trayendo consigo mayores aplicaciones de este elemento con la fertilización química.

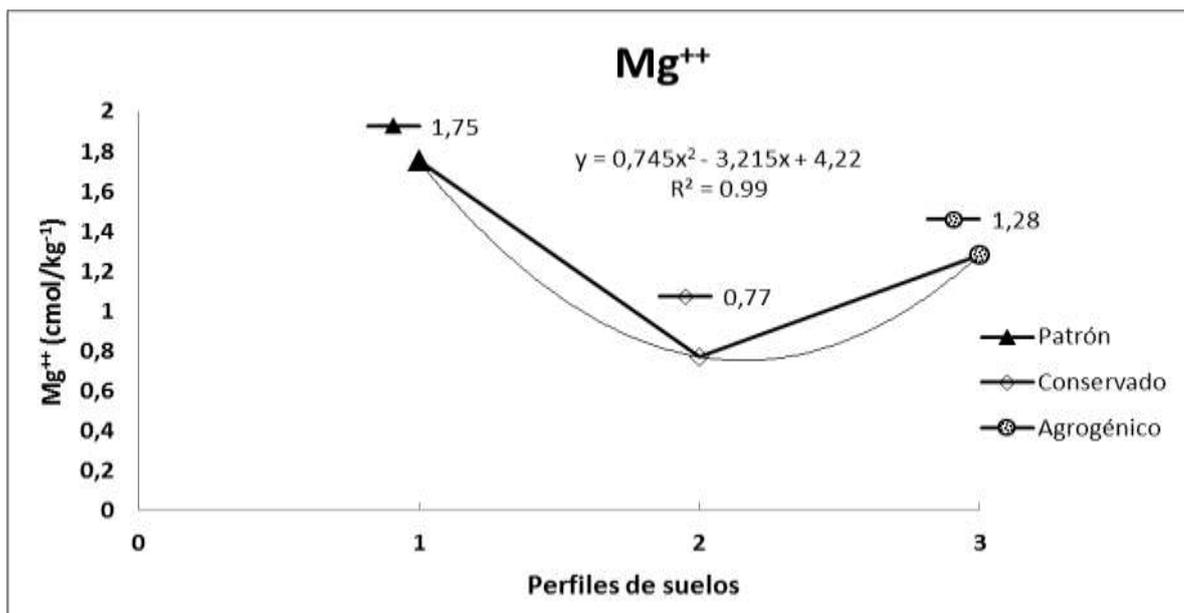


Gráfico 4. Comportamiento promedio del Mg<sup>++</sup> en cada perfil de suelo FRL.

En relación al Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> se puede observar en el gráfico 5 que los valores son mayores en el perfil 1 con 0,29 cmol/kg<sup>-1</sup> para ambos elementos, lo cual están acordes a este agrupamiento de suelo. En relación al perfil 2 y 3 el comportamiento fue similar siendo igual el contenido de Na<sup>+</sup> propio de este tipo de suelos de pH sobre lo ácido a neutro. Algunos autores como Montero y Angarica (2004), han reportado la disminución de los contenidos de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> y K<sub>2</sub>O con el tiempo y tipo de manejo en el cultivo de caña de azúcar en un suelo Pardo Sialítico durante 8 años.

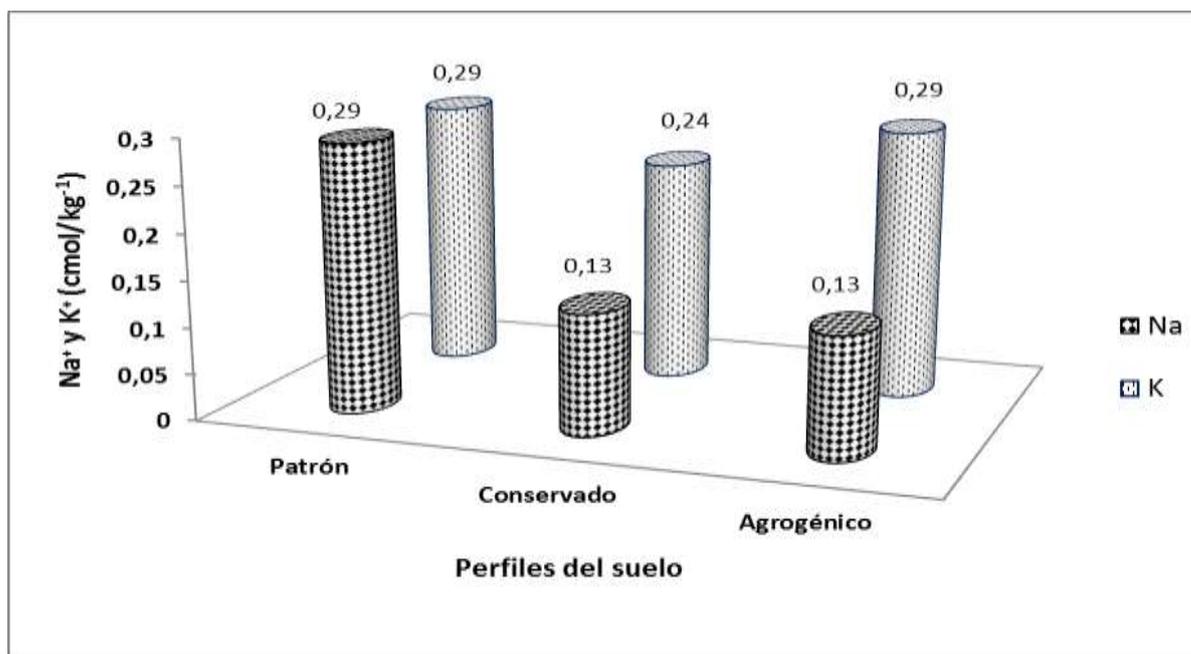


Gráfico 5. Comportamiento promedio del Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> en cada perfil de suelo FRL.

### 3.2. Caracterización de los perfiles del suelo.

En la tabla 4 se observan los valores correspondientes a la descripción de perfil Patrón, donde se destaca el proceso de humificación producto de su contenido de materia orgánica superior a 4% en superficie y un horizonte Am (mullido) propio de un suelo bajo estas condiciones.

**Tabla 4. Descripción del perfil patrón**

<b>Perfil- No.1</b>	<b>Patrón</b>
<b>Localización:</b>	Finca la esperanza, debajo de plantación arbórea
<b>Hoja Cartográfica:</b>	Banao
<b>Provincia:</b>	Sancti Spíritus
<b>Diagnósticos</b>	
<b>Procesos de formación:</b>	Ferralitización, lixiviación, humificación
<b>Horizontes Principal de diagnóstico:</b>	Ferralítico; Secundario; A: Mullido; B. Argílico, Nodular ferruginoso
<b>Horizontes normales:</b>	Húmico, Argílico
<b>Características de diagnóstico:</b>	Características de color rojo
<b>Clasificación cubana (2015):</b>	Ferralítico Rojo Lixiviado, Mullido Nodular Ferruginoso
<b>Soil Taxonomy (2010):</b>	Mollic Rhodudalf
<b>WRB (2014):</b>	Lixisol Ródico, Éútrico
<b>Procesos de formación:</b>	Ferralitización
<b>Factores de formación</b>	
<b>Posición fisiográfica del lugar:</b>	Pie de Montaña
<b>Vegetación natural:</b>	Marabú, Malva, Mango, Guásima
<b>Topografía del terreno circundante</b>	Ligeramente ondulada
<b>Microrrelieve:</b>	Con surcos
<b>Pendiente donde se tomó el perfil:</b>	2%
<b>Vegetación o uso de la tierra:</b>	Bosque natural
<b>Cultivo asociado:</b>	Vegetación natural
<b>Clima:</b>	Tropical subhúmedo
<b>Roca madre:</b>	Metamórfica y Sedimentaria
<b>Drenaje: Superficial e interno:</b>	Bueno

Horizonte	Prof.(cm)	Descripción
<b>Am</b>	0 - 23	Color en seco 2,5YR4/2 rojo débil y en húmedo 2,5YR3/2 rojo opaco, franco, estructura de bloques subangulares que se desmenuzan en granular, ligeramente compactado, muchos puros gruesos producto de las lombrices, fresco, con algunas gravas, muchas raíces, sin reacción al HCl, transición notable.
<b>B<sub>11</sub></b>	23 – 40	Color en seco 2,5YR4/3 pardo rojizo y en húmedo 2,5YR3/2 pardo rojizo oscuro, franco arcilloso, bloques subangulares de 5 – 7 cm y bloques angulares de 5 cm, compacto, mediano contenido de poros medianos, fresco, algunas gravas pequeñas de color oscuro, pocas raíces, sin reacción al HCl, transición notable
<b>B<sub>12gr</sub></b>	40 – 50	Color en seco 2,5YR4/4, pardo rojizo y en húmedo 2,5YR3/4 pardo rojizo oscuro, franco arcilloso, estructura no apreciable, compactado, porosidad igual al anterior, fresco, sin raíces, con 20-30% de piedras de rocas oscuras, sin reacción al HCl, transición notable
<b>B<sub>2tfral</sub></b>	50-85	Color en seco 2,5YR4/4 rojo y en húmedo 2,5YR3/& rojo oscuro, arcilloso, estructura poliédrica fina de 5 cm, compacto, muchos poros medianos y finos, fresco, casi sin raíces, algunas gravas de color oscuro, muchas gravas pequeñas de color blanco y puntos brillantes, con cutanes, sin reacción al HCl, transición notable
<b>B<sub>3nf</sub></b>	85-100	Color en seco 2,5Y7/8 amarillo y en húmedo 2,5Y6/8 amarillo olivo, con manchas negras de nódulos suaves ferromangánicos, franco a franco arcilloso, con bloques angulares y subangulares de 5 cm, finos, compactado, abundantes gravas pequeñas de color blanco y cristales pequeños de cuarzo, sin raíces, sin reacción al HCl

A continuación, se puede observar la descripción del perfil de suelo Conservado, tabla 5. En este perfil sobresale la pendiente de casi 3%, donde a pesar de eso y de ser un suelo que estuvo bajo cultivo, sus propiedades posteriores a su estado de barbecho han mejorado teniendo en consideración el poder de recuperación de estos suelos, lo que se conoce además como “resiliencia del suelo” (Hernández et al., 2014).

**Tabla 5. Descripción del perfil Conservado.**

<b>Perfil- No. 2</b>	<b>Conservado</b>
<b>Localización:</b>	Finca la esperanza, Banao, debajo de plantación arbórea
<b>Hoja Cartográfica:</b>	Banao
<b>Provincia:</b>	Sancti Spíritus
<b>Diagnósticos:</b>	
<b>Procesos de formación:</b>	Ferralitización, lixiviación
<b>Horizontes Principal de diagnóstico:</b>	Ferralítico; Secundario; A: Mullido; B. Argílico, Nodular ferruginoso
<b>Horizontes normales:</b>	Húmico, Argílico
<b>Características de diagnóstico:</b>	Características de color rojo
<b>Clasificación cubana (2015):</b>	Ferralítico Rojo Lixiviado, Mullido y Nodular Ferruginoso
<b>Soil Taxonomy (2010):</b>	Mollic Rhodudalf
<b>WRB (2014):</b>	Lixisol Ródico, Eútrico
<b>Procesos de formación:</b>	Ferralitización
<b>Factores de formación:</b>	
<b>Posición fisiográfica del lugar:</b>	Pie de Montaña
<b>Vegetación natural:</b>	Cardo santo, celestino azul, hierba fina.
<b>Topografía del terreno circundante:</b>	Ligeramente ondulada
<b>Microrrelieve:</b>	Con surcos, alomado
<b>Pendiente donde se tomó el perfil:</b>	2,8 %
<b>Vegetación o uso de la tierra:</b>	Pasto
<b>Cultivo asociado:</b>	Cebolla
<b>Clima:</b>	Tropical subhúmedo
<b>Roca madre:</b>	Metamórfica y Sedimentaria
<b>Drenaje Superficial e interno:</b>	Bueno

Horizonte	Prof.cm)	Descripción
<b>A</b>	0-18	Color en seco 10R3/4 rojo opaco y en húmedo 10R3/2 rojo opaco, franco, bloques subangulares que se fragmentan en granular, compactado, fresco, con muchos poros grandes de las lombrices, con grietas verticales hasta el límite con B <sub>1</sub> , presencia de raíces, con puntos finos brillantes y algunas gravas de color oscuro, sin reacción al HCl, transición notable
<b>B<sub>1</sub></b>	18-31	Color en seco 2,5YR3/6 rojo oscuro y en húmedo 2,5YR3/6 rojo oscuro, franco arcilloso, estructura de bloques angulares, compactado, fresco, con muchos poros medios y gruesos, presencia de láminas de mica, con pocas raíces, sin grietas, sin reacción al HCl, transición gradual
<b>B<sub>21t</sub></b>	31-54	Color en seco 2,5YR4/6 rojo y en húmedo 2,5YR4/4 pardo rojizo, arcilloso, estructura de bloques subangulares a poliédrica fina, compacto, mediana cantidad de poros medios y gruesos, algunas láminas de mica, sin raíces, sin grietas, sin reacción al HCl, transición gradual
<b>B<sub>22t</sub></b>	54-95	Color en seco 2,5YR4/6 rojo y en húmedo 2,5YR4/4 pardo rojizo, arcilloso, estructura poliédrica, compacto, con muchos poros medios y finos, con cutanes, sin raíces, sin grietas, sin reacción al HCl

En relación al perfil agrogénico tabla 6 se puede observar que las características del suelo se encuentran afectadas por las prácticas convencionales del cultivo de la cebolla, donde no se acometen acciones de manejo, ni mejoramiento que mitiguen ese efecto negativo. Uno de los cambios más notables se manifiesta en la estructura en superficie, no siendo tan buena como la de los suelos patrones y conservados, pues esta se cambia por bloques subangulares o prismáticos (Hernández et al., 2014), llegando en ocasiones a aflorar un piso de arado en superficie producto de la compactación por las labores agrogénicas.

Tabla 6. Descripción del perfil Agrogénico

<b>Perfil- No. 3</b>	<b>Agrogénico</b>
<b>Localización:</b>	Finca la esperanza, Banao, debajo de plantación arbórea
<b>Hoja Cartográfica:</b>	Banao
<b>Provincia:</b>	Sancti Spíritus
<b>Diagnósticos</b>	
<b>Procesos de formación:</b>	Ferralitización
<b>Horizontes Principal de diagnóstico:</b>	Ferralítico; Secundario; A: Compactado; B. Argílico, Nodular ferruginoso
<b>Horizontes normales:</b>	Argílico
<b>Características de diagnóstico:</b>	Características de color rojo
<b>Clasificación cubana (2015):</b>	Ferralítico Rojo Lixiviado, Mullido y Nodular Ferruginoso
<b>Soil Taxonomy (2010):</b>	Mollic Rhodudalf
<b>WRB (2014):</b>	Lixisol Ródico, Eútrico
<b>Procesos de formación:</b>	Ferralitización
<b>Factores de formación</b>	
<b>Posición fisiográfica del lugar:</b>	Pie de Montaña
<b>Vegetación natural:</b>	Hierba fina.
<b>Topografía del terreno circundante:</b>	Ligeramente ondulada
<b>Microrrelieve:</b>	Con surcos, llano
<b>Pendiente donde se tomó el perfil:</b>	2 %
<b>Vegetación o uso de la tierra:</b>	Hortalizas
<b>Cultivo asociado:</b>	Cebolla
<b>Clima:</b>	Tropical subhúmedo
<b>Roca madre:</b>	Metamórfica y Sedimentaria
<b>Drenaje general:</b>	Bueno

Horizonte	Prof.cm)	Descripción
<b>A</b>	0-10	Color en seco 2,5YR4/4 pardo rojizo y en húmedo 2,5YR3/2 rojo opaco, estructura de bloques subangulares, compactado. No tiene costra superficial. La actividad biológica de las raíces es poca, solo algunas raíces muy finas con posición de penetración vertical. Sin agrietamiento. Horizonte arado.
<b>B<sub>1</sub></b>	10- 30	Color en seco 2,5YR5/6 rojo y en húmedo 2,5YR4/\$ pardo rojizo, con estructura de bloques subangulares de 5-8 cm., compactado, seco, con presencia de cutanes, mediana porosidad, sin reacción al HCl, transición neta. No se observan galerías, piso de arado, con actividad biológica reducida, sin agrietamiento.
<b>B<sub>11t</sub></b>	<b>30- 78</b>	Color en seco 5YR6/8 amarillo claro y en húmedo 5YR5/6 rojo amarillento, con manchas 2,5YR2, negro rojizo, suaves ferromangánicas, estructura poliédrica, ligeramente compactado, ligeramente húmedo, mayor cantidad de cutanes, con caras brillantes, muchos poros chicos y medios, cantidad apreciable (5%) de nódulos ferromangánicos, redondeados y suaves, sin reacción al HCl, y transición gradual.

#### **4. CONCLUSIONES**

- Se pudo constatar que la fertilidad del suelo (FRL) se afecta drásticamente en función del manejo al que estos son sometidos, siendo más significativa la pérdida de la materia orgánica y bases intercambiables.
  
- Mediante la clasificación nacional e internacional se pudo inferir el alcance y la importancia de estas, a la hora de realizar un estudio profundo del suelo; permitiendo una mejor comprensión de la literatura científica especializada.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Continuar profundizando en los estudios de este tipo de suelos, donde además de los indicadores químicos, se tengan en consideración las afectaciones físicas y biológicas.
- Establecer medidas de manejo que permitan mitigar la degradación y la pérdida de la fertilidad de estos suelos, teniendo en cuenta las particularidades de la región.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borges, Y. Cambio de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados por el cambio de uso de la tierra. Tesis de Universidad para Ingeniero Agrónomo, UNAH, La Habana, 87p. 2004
- Castellanos, J. Z., Uvalle-Bueno, J. X., & Aguilar-Santelises, A. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. México. 226 p.
- Castillo, J. 2004. Variación de la erodabilidad y aplicación de la ecuación universal de pérdida de Suelo (USLE) en Los Andes Colombianos, Tesis de Doctorado Universidad Nacional de Colombia, Escuela de Posgrados sede Palmira.
- Crawley, J.T. Las Tierras de Cuba. Estación Experimental Agronómica. Edit. Rambla-Bouza, La Habana, 81 p. 1916.
- Dick, Richard P., Charles Yamoah, Mateugue Diack, and Aminata N. Badiane. 2001. Soil microorganisms and soil fertility (Microorganismos y fertilidad de suelos). In Sustaining Soil Fertility in West Africa, Guanglong Tian, Fusako Ishida, and Dyno Keatinge (Eds). SSSA Special Publication number 58.
- Dubrovina, I. 2009: An experience of a large-scale soil mapping with the use of new Russian Soil Classification system. In Abstracts of International Conference "Soil Geography:New Horizons". Huatulco, México.
- Guerasimova, M.I., M.N. Stroganova, N.V. Mozharova y T.V. Prokofieva 2005: Suelos Antropogénicos. Génesis, Geografía y Recultivación (en ruso). Manual de Estudio. Smolensk, Oikumena, 268p.
- Guerasimova, M.I., M.N. Stroganova, N.V. Mozharova y T.V. Prokofieva 2005: Suelos Antropogénicos. Génesis, Geografía y Recultivación (en ruso). Manual de Estudio. Smolensk, Oikumena, 268p.
- Hernández, A. Ascanio, M. Morales, m. Bojorquez, I. García, N. García, D. El suelo. 2006b: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Editorial de la Universidad Autónoma de Nayarit. ISBN: 968833072, 255 pp.
- Hernández, A. Y Morell, F. 2005. Función ecológica de los suelos y su transformación de los ecosistemas a agrosistemas: Suelos Ferralíticos Rojos

- Lixiviados. Conferencia impartida en VI Encuentro Nacional de Papa. INCA, La Habana.
- Hernández, A., D. Vargas, Y. Borges, H. Ríos, M. Morales y F. Funes Monzote 2011: Reservas de carbono orgánico en suelos Ferralíticos Rojos. En H. Río, F. Funes Monzote y D. Vargas eds: Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático. Editorial INCA, ISBN: 978-959-7023-52-4. Mayabeque, Cuba.
- Hernández, A., J. Paneque, J.M. Pérez, A. Mesa, D. Bosch, E. Fuentes 1995: Metodología para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos. Instituto de Suelos y Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes, La Habana, 53p.
- Hernández, A., J. Paneque, J.M. Pérez, A. Mesa, D. Bosch, E. Fuentes 1995: Metodología para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos. Instituto de Suelos y Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes, La Habana, 53p.
- Hernández, A., M. Morales, F. Morell, Y. Borges, J.I. Bojórquez, M.O. Ascanio, J.D. García, H. Ontiveros y R. Murray. Changes in soil properties by agricultural activity in tropical ecosystems. Abstracts International conference "Soil Geography: New horizons". Huatulco, Mexico, p.57. 2009.
- Hernández, A., M. Morales, M.O. Ascanio, Y. Borges, D. Vargas y A. Bernal 2013. Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores, de "La llanura roja de la Habana". Cultivos Tropicales, vol 34, no. 3, p. 45-51
- Hernández, A., Morell, F., M. O. Ascanio, Yenia Borges, Marisol Morales, Ania Yon. 2006a: Cambios Globales de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisol Ródico Éutricos) de la Provincia Habana. Cultivos Tropicales. Vol. 27. No. 2. p. 41-50. ISSN 0258 - 5936.
- Hernández, A.; Bojorquez, A.; Morell, J. L.; Cabrera, A.; Ascanio, M. y García, J. 2010. Fundamentos sobre la estructura del suelo. Tipos de estructura en los principales suelos tropicales y su transformación por la influencia antropogénica. 1ra Edición. Nayarit, México: Universidad Autónoma de Nayarit.
- Hernández, A.; Pérez, J.M, Bosch, D.; Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Publicado en formato digital, Ediciones INCA. La Habana, Cuba, 93 pp. ISBN: 978-959-7023-77-7

- Hernández, A; Ascanio, M. O; Morales, Marisol, Cabrera, Cabrera, A.: (2005). Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: una herramienta útil para la investigación, docencia y producción agropecuaria.
- Martín, N. y Duran, J. El Suelo y su Fertilidad. 1ra ed. La Habana, Cuba: UNAH, 2008. p. 189.
- Montero, B; E. Angarica.2004. Evolución geoquímica de un Vertisuelo sometido a cultivo continuado de caña de azúcar. Jornada. 40 Aniversario. INICA, Tecnología Agric. Oriente Sur.
- Morales, M., A. Hernández, F. Marentes, F. Funez-Monzote, Y. Borges, F. Morell, D. Vargas y H. Ríos 2008: Nuevos aportes sobre el efecto de la disminución de materia orgánica en los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. Revista Agrotecnia de Cuba. Vol. 32(1): 57-64.
- Morell, F. y A. Hernández 2008: Degradación de las propiedades agrobiológicas de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados por la influencia antrópica y su respuesta agroproductiva al mejoramiento. Agronomía Tropical 58(4): 335-343.
- Morell, F., Borges, Y., Y, Hernández, A. 2004. Influencia del cambio de uso de la tierra en algunas propiedades físicas del suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. XIV Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La Habana, 9-12 de noviembre.
- Morell, F., Hernández, A., Fernández, F. Y Toledo, Y. 2006. Caracterización agrobiológica de los suelos ferralíticos rojos lixiviados de la región de San José de las Lajas, en relación con el cambio en el manejo agrícola. Cultivos tropicales, ISSN 0258 - 5936.
- Olivera, D<sup>a</sup>. (2012). "Un Universo Invisible Bajo Nuestros Pies": Los Suelos de Cuba. Madri+d: Los suelos y la Vida. Boletín de Noticias I + D + I., 19/01/12. Disponible en [www.madrimasd.org/blogs/universo/2012/01/19/141129](http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2012/01/19/141129).
- Olivera, D<sup>b</sup>. 2012. "Un Universo Invisible Bajo Nuestros Pies": La Degradación de los Suelos de Cuba. Madri+d. Boletín de Noticias I + D + I 26/03/12. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2012/03/26/141581>
- Orellana Gallego, R., J.M. Moreno Álvarez, J-M- Febles González y M. Vega Carreño 2008: Indicadores edáficos para medir la sostenibilidad de suelos Ferralíticos Rojos de la provincia La Habana, Cuba. Agrotecnia de Cuba, Volumen 32, Número 1: 50-56 p.

- Paneque, V. 2002. Manual de técnicas analíticas para el análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. 1ra edición ed. La Habana, Cuba: INCA, p.130.
- Ponce de León, D. 2003: Las reservas de carbono orgánica de los suelos minerales de Cuba. Aporte metodológico al cálculo y generalización espacial. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. UNAH. La Habana, 96 p.
- Riverol, M. (2001). Degradación del suelo en las regiones tropicales: situación en Cuba.--p. 131-139.
- Rodríguez, M. 2014. Tecnología para el mejoramiento del riego por surcos asociado al cultivo de la cebolla en suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. Tesis de Doctorado. Santa Clara, Cuba: Universidad Central Marta Abreu de la Villa (UCLV. h. 112.
- Rodríguez, M. y Rogert, O. 2011. Influencia antrópica sobre las propiedades químicas y biológicas de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados en la finca La Esperanza comunidad de Banao. Trabajo de Diploma. Sancti Spíritus, Cuba: UNISS, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de agronomía. h. 66.
- Rodríguez, M.; Olivera, D.; Viera, R. 2016. Degradación de las propiedades del suelo FRL, por la acción antrópica. Editorial Académica Española, España. Libro, 73p
- Shishov, L.L, V.D. Tonkonogov, I.I. Levedeva y M.I. Guerasimova. Diagnóstico y clasificación de suelos de Rusia (en ruso). Moscú: Oikumena, 341p. 2004.
- Soil Survey Staff. 2010: Claves para la Taxonomía de Suelos. Undécima Edición. Washington, DC. Natural Resources Conservation Service. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 365p.
- Soil Survey Staff. 2010: Claves para la Taxonomía de Suelos. Undécima Edición. Washington, DC. Natural Resources Conservation Service. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 365p.
- Szabolcs, I. 1990: Anthropogenic effects on soils. In: R.W. Arnold, I. Szabolcs and V.O. Targulian (eds.). Global Soil Change. Int. Inst. for Applied System Analysis, Laxemburg, Austria, pp. 69-86.
- Tonkonogov, V.D. 1987: Los problemas de la evolución antrópica de suelos pozólicos (en ruso). En Colección de artículos científicos "Suelos de la URSS

Aspectos de investigación genético-geográficos y aplicados. Instituto de Suelos V.V. Dokuchaev, Moscú, pp. 84-90

Tonkonogov, V.D. and M.I. Guerasimova. Agrogenic Pedogenesis and Soil Evolution. Abstracts International Conference Global Soil Change, Mexico City, pp. 79-80. 2005.

## 7. Anexos.

Anexo 1. Compactación del suelo por el factor antrópico y el cultivo de la cebolla.

