

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN SUELO
FERRALÍTICO ROJO CON TECNOLOGÍA DE CULTIVO INTENSIVO DE
CÍTRICOS EN JAGÜEY GRANDE**



Autor: Henry González Lima

Tutores: M. Sc. Alina Puente Sánchez.

M. Sc. Alina García Pérez

Matanzas

2024

PENSAMIENTO.

(...) el único camino abierto a la prosperidad constante y fácil es el de conocer, cultivar y aprovechar los elementos inagotables e infatigables de la naturaleza (...)



José Martí.

DEDICATORIA.

Esta tesis va dedicada principalmente a mi madre que siempre ha sido mi sustento y apoyo para lograr cada meta.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer infinitamente a mi familia por siempre brindarme su apoyo y dedicación en todo este trayecto.

Gracias al colectivo de profesores de la especialidad que con tanto sacrificio y entrega compartieron sus conocimientos en el transcurso de mi preparación como profesional.

Un especial agradecimiento a mis tutoras M. Sc. Alina Puente Sánchez y M. Sc. Alina García Pérez por toda su ayuda en la realización de este proyecto.

Agradezco a todos mis amigos y compañeros que me brindaron su ayuda desinteresada, mucha gracias infinitas por su buena voluntad.

A todos, muchas gracias

RESUMEN

El suelo es la fuente de caldo de todas las formas de vidas que surgen; como organismo vivo tiene su esqueleto, la roca madre; como todo ser, se forma y crece, se reproduce y puede morir, se alimenta y respira, evoluciona en el tiempo y en el espacio. La producción intensiva del cultivo de los cítricos en la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón" por más de cinco décadas provocó un deterioro de la capacidad agroproductiva de los suelos, en este sentido resulta de vital importancia determinar las características morfológicas del suelo, la composición mecánica y textura del suelo y evaluar las características químicas del suelo, por lo que el presente trabajo constituye una propuesta de proyecto que tiene como objetivo: Evaluación de las características de un suelo ferralítico rojo con tecnología de cultivo intensivo de cítricos en Jagüey Grande para conocer su estado y a partir de los resultados establecer medidas de recuperación y mitigación.

Palabras claves: suelo, edafología, cítricos

INDICE	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. FUNDAMENTACIÓN.....	3
2.1. Estrategias para su uso y conservación de los suelos.....	3
2.2. Los suelos ferralíticos rojos de Cuba.....	4
2.3. Suelos.....	4
2.3.1. Definición.....	4
2.3.2. Contenido de Materia Orgánica (M.O.) del suelo.....	6
2.3.3. Relación carbono-nitrógeno (C/N).....	7
2.3.4. pH del suelo.....	7
2.4. Beneficios de la cubierta vegetal del suelo.....	8
2.4.1 Suelo sin cobertura vegetal.....	9
2.4.2. Efectos del suelo sin cubierta vegetal.....	9
2.5. Calidad del suelo.....	9
2.5.1. Indicadores de calidad del suelo.....	11
2.5.2. Indicadores Químicos.....	12
2.5.3. Indicadores Físicos.....	13
2.5.4. Indicadores Biológicos.....	14
2.6. La degradación de los suelos.....	15
3. OBJETIVOS.....	19
4. RESULTADOS ESPERADOS.....	20
5. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.CRONOGRAMA.....	21
1 ^{ra} Etapa: Revisión de la bibliografía.....	21
2 ^{da} Etapa: Selección del área para de estudio de dos perfiles de suelo.	21
3 ^{ra} Etapa. Análisis de los perfiles de suelo.....	22
3.1. Descripción de los perfiles de suelos.....	22
3.2. Composición mecánica y textura del suelo.....	22
3.3. Caracterización química del suelo.....	22
3.4. Caracterización climática.....	22
3.5. Análisis de las condiciones de formación de los suelos.....	23

4 ^{ta} Etapa: Procesamiento estadísticos y redacción del documento	23
5 ^{ta} etapa: Implementación y generalización de los resultados	24
5.1 Cronograma.....	25
6. RECURSOS NECESARIOS	26
7. PRESUPUESTO.....	27
8. EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA.....	28
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1. INTRODUCCIÓN

El suelo es un cuerpo natural, de carácter frágil, aunque variable y muy dependiente de las condiciones bajo las cuales se ha formado, así como del uso y manejo a que el hombre lo ha sometido durante la actividad socioeconómica que el mismo realiza. El suelo es la fuente de caldo de todas las formas de vidas que surgen; como organismo vivo tiene su esqueleto, la roca madre; como todo ser, se forma y crece, se reproduce y puede morir, se alimenta y respira, evoluciona en el tiempo y en el espacio (Durán, 1998).

Se plantea además que el suelo es el cuerpo natural para la producción de alimentos y materias primas de los cuales depende la sociedad mundial. A su vez, constituye uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta, y la base fundamental para la explotación agropecuaria (Burbano, 2016).

La superficie natural de suelos productivos es limitada y se encuentra sometida a una creciente presión debido a la intensificación y el uso competitivo que caracteriza el aprovechamiento de los suelos con fines agrícolas, para satisfacer la demanda de producción de alimentos, energía y extracción de materias primas de la creciente población (Herrera, 2017).

La agricultura convencional desarrollada en los últimos años hizo que el agricultor se preocupara más por las plantas que por el propio suelo y cuando se preocupó lo hizo desde el punto de vista físico, sin considerar su macro y microvida. Transformó el suelo en fórmula universal para cultivarlo y fertilizarlo, olvidó las relaciones complejas y fundamentales que unen al suelo, a los microorganismos y a las plantas (FAO, 2021).

Los suelos deben ser reconocidos y valorados por sus capacidades productivas y por su contribución a la seguridad alimentaria y al mantenimiento de servicios ecosistémicos fundamentales por eso entender su comportamiento en los sistemas productivos permite tener experiencias exitosas que pueden ser utilizadas en diferentes lugares con condiciones similares, y de esta forma incidir positivamente su conservación (FAO, 2021).

La degradación de los suelos es una de las dificultades más apremiantes en el marco de la crisis alimentaria mundial. La degradación del suelo no solo provoca afectaciones en el aspecto sociopolítico, con la emigración de personas hacia lugares productivos, en el orden medio ambiental con la contaminación de las aguas, la extinción de las especies, el incremento de áreas desérticas y otros, sino además en el orden económico, ya que son necesarias inversiones cada vez mayores para mantener los niveles de producción (Pla Sentís, 2002; Riverol y Aguilar, 2015).

En este contexto uno de los retos que enfrenta la agricultura cubana es detener los procesos que degradan los suelos, que permita establecer un sistema agrícola sostenible, capaz de solventar la creciente demanda alimentaria de la población.

La producción intensiva del cultivo de los cítricos en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” por más de cinco décadas, con la aplicación de grandes volúmenes de fertilizantes, además de tecnologías con tendencias a un manejo del control de arvenses a suelo desnudo y el uso de la maquinaria en la realización de actividades culturales a las plantaciones y la recolección de los frutos provocó un deterioro de la capacidad agroproductiva de los suelos, en este sentido resulta de vital importancia realizar estudios de las características de los suelos de la región para conocer su estado y a partir de los resultados establecer medidas de recuperación y mitigación.

Problema científico

Desconocimiento de las características de los suelos ferralíticos rojos de la región con cultivo intensivo de cítricos por más de cinco décadas.

Como **hipótesis** de trabajo se plantea:

La evaluación de las características de los suelos ferralítico rojo con tecnología de cultivo intensivo de cítricos en Jagüey Grande permitirá conocer su estado de degradación y establecer medidas de recuperación y mitigación.

2. FUNDAMENTACIÓN.

2.1. Estrategias para su uso y conservación de los suelos

Actualmente, la relación economía-medio ambiente es una de las interacciones más perseguidas por las fuerzas interesadas en la conservación de la naturaleza y el entorno en general. En tal sentido, se discute en diferentes foros la forma en que se podría justificar a los políticos, especialmente a los encargados de tomar decisiones, sobre el valor que los recursos naturales y un ambiente sano pueden tener para la economía (Bermejo, 2005).

Actualmente, Cuba se halla ante la necesidad de continuar potenciando la solución de los principales problemas abordados en la Estrategia Nacional Ambiental para el cuidado, uso y conservación de los recursos naturales (Maura y Febles, 2018). Estos son:

- a) Degradación de los suelos
- b) Afectaciones a la cobertura forestal
- c) Contaminación
- d) Pérdida de la diversidad biológica
- e) Carencia de agua

Por otra parte, en la Actualización de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el periodo 2016-2021, aprobados en el VII Congreso del PCC, se hace referencia, en los lineamientos 156, 157 y 158, a la necesidad de sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente, así como a la protección y mejoramiento de los recursos naturales, entre ellos, el suelo, el agua y los zoo y fitogenéticos. Además, se propone el desarrollo de una agricultura sostenible mediante la gestión integrada de ciencia, tecnología y medio ambiente.

2.2. Los suelos ferralíticos rojos de Cuba

Según Maura y Febles (2018) al considerar la protección del suelo, en tanto recurso natural, es necesario distinguir los distintos tipos que existen en Cuba (Figura 1).

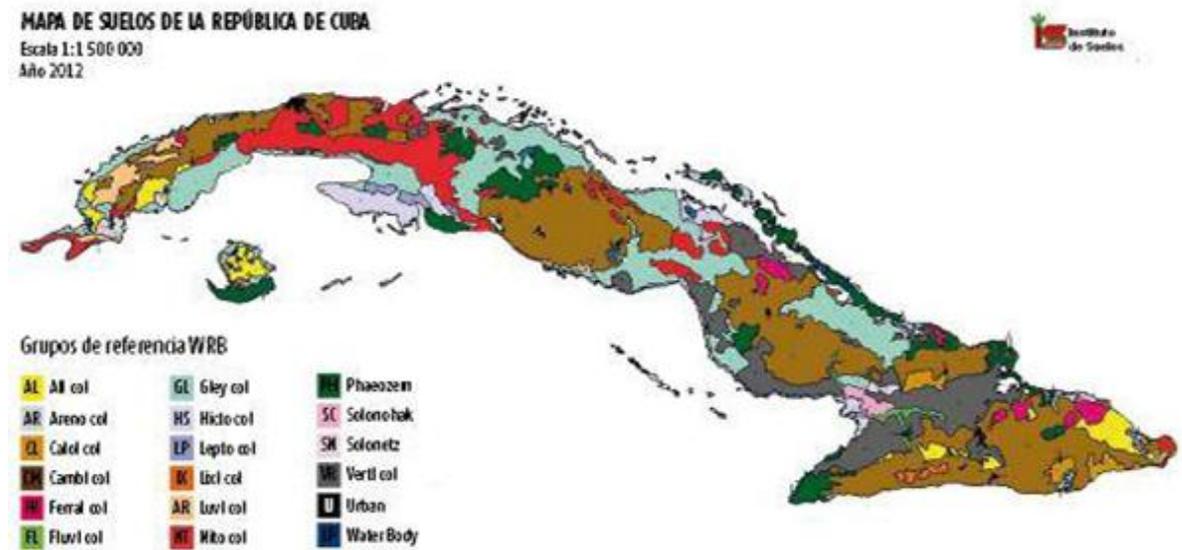


Figura 1. Mapa de suelos de la República de Cuba

Fuente: Ministerio de la Agricultura (MINAG) 2012.

Como se puede observar, el país cuenta con nueve agrupamientos de suelos. En la investigación se tomaron como referencia los suelos ferralíticos rojos que se localizan en la Llanura Kárstica Meridional Habana-Matanzas y en Ciego de Ávila. Estos representan el 23,56% del fondo de tierras agrícolas y ocupan entre el 80 y el 85% de la superficie karstificada de las provincias Mayabeque y Artemisa, con una superficie de 5 731 km² que coincide con las zonas de mayor producción agrícola, densidad de población y con las cuencas hidrográficas más importantes (Febles *et al.*, 2012). Se consideran, asimismo, los más productivos del país.

2.3. Suelo.

2.3.1. Definición

El suelo es un recurso natural limitado y no renovable que ofrece diversas funciones ambientales, como ejemplo tenemos la participación en los ciclos

biogeoquímicos de elementos químicos como carbono, nitrógeno, fósforo, etc., que, por efecto de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los componentes no vivos del planeta (Burbano y Orjuela, 2016).

Además, contribuye considerablemente sobre el medio en el que se ubica y actúa en las actividades sociales y económicas de las personas que se encuentran en ese territorio ejerciendo distintos grados de presión sobre el suelo generando un deterioro del mismo (Gardi *et al.*, 2014).

El suelo es la capa superficial de la tierra, delgada y vulnerable. Está compuesto por partículas minerales, materia orgánica, microorganismos, agua y aire en la cual las plantas se desarrollan donde toman los alimentos necesarios (Jordán, 2006).

Los procesos formadores del suelo son muy lentos y requieren largos períodos de tiempo. En las praderas de climas templados, se necesitan 100 años para formar 1 a 2 cm de suelo. Como su regeneración es muy lenta, el suelo debe considerarse como un recurso no renovable. A pesar de la importancia para la vida, el suelo no ha recibido de la sociedad la atención que merece. Su degradación es una seria amenaza para el futuro de la humanidad. Es necesario contar, con una sólida concepción de la calidad, con indicadores de calidad o salud de la tierra y de manejo sostenible de la misma, para dar seguimiento a variables sociales y económicas (Bautista *et al.*, 2004).

En los sistemas agropecuarios el suelo es un recurso de especial relevancia, por ser la base de la producción y entre sus numerosas funciones se encuentran que es hábitat de numerosos organismos, sostén y fuente de nutrientes de las plantas, influye en la mineralización, reciclaje, flujo de nutrientes y energía en especial de materia orgánica y regula parte del ciclo hídrico y del clima, etc (Gliessman, 2002).

El suelo agrícola nos provee varios alimentos tanto para el hombre como para los animales, por lo que las actividades antrópicas han ido aumentando constantemente para satisfacer la demanda de alimentos, ya sea por el uso de abonos, plaguicidas, el uso de maquinarias agrícolas, aumento de carreteras,

entre otros, en donde no existe un adecuado manejo del suelo para la subsistencia de los seres vivos (Altamirano, 2019).

La producción agropecuaria requiere en sus procesos de recursos naturales como el suelo. La calidad y cantidad de este recurso y, en consecuencia, la posibilidad de una producción que perdure en el tiempo, está determinada por cómo y con qué intensidad es explotado el suelo y el tipo de tecnologías empleadas. El uso inadecuado de la tecnología es clave para la degradación de los suelos (ej. labranza intensiva con tractores en zonas de pendiente). La utilización de recursos externos principalmente de origen sintético no contribuye a la nutrición de los suelos, dejándolos infértiles a futuro, lo que promueve la ampliación de la frontera agrícola, reduciendo hábitats naturales importantes para la conservación de la biodiversidad (Corrales, 2002).

2.3.2. Contenido de Materia Orgánica (M.O.) del suelo

Es un indicador que se encuentra relacionado con la calidad edáfica, su contenido de M.O. contribuye en la estructura del horizonte, ayuda a crear complejos arcilla-húmicos del suelo, a mejorar la capacidad de infiltración del agua en suelos arcillosos y a aumentar la capacidad de retención en los suelos arenosos determinando la disponibilidad de nutrientes. Según su contenido en materia orgánica (Tabla 1), los suelos pueden clasificarse de la siguiente manera (Gasteiz, 2018).

Tabla 1. Clasificación del suelo de acuerdo al % de M.O.

Contenido de Materia Orgánica %	Clasificación del suelo
0-2	Muy deficiente en M.O.
2-4	Deficiente en M.O.
4-6	Contenido normal en M.O.
6-8	Contenido apreciable en M.O.
8-10	Humífero
10	Muy humífero

2.3.3. Relación carbono-nitrógeno (C/N)

La Relación C/N es una muestra de la calidad del sustrato orgánico del suelo. Enseña la tasa de N que se encuentra disponible para las plantas; los valores altos significan que la M.O. se descompone muy lento, esto se debe a que los microorganismos inmovilizan el nitrógeno, por lo tanto, no puede ser manejado por los vegetales, en cambio los valores que se encuentran entre 10 y 14 nos dice que hay una mineralización y ruptura de tejidos rápidos, esto se debe a que la actividad microbiana se estimula. Si la Relación C/N de bacterias y hongos del suelo es menor a 15 implica que los microorganismos son más eficientes en la descomposición de la M.O (Gamarra *et al.*, 2018). La calidad edáfica de acuerdo a la relación de C/N se presenta en la tabla 2 (Gasteiz, 2018).

Tabla 2. Calidad edáfica de acuerdo a la relación de C/N

C/N	Calidad edáfica
menor de 8	Muy buena
8-12	Buena
12-15	Mediana
15-20	Deficiente
20-30	Mala
mayor de 30	Muy mala

2.3.4. pH del suelo

El pH del suelo es una medida de la acidez o de la alcalinidad de la solución del suelo. Los suelos son ácidos, neutros o alcalinos, es decir básicos, ya que depende de los valores del mismo, que va en una escala de 0 a 14 (Tabla 3) (Piedrahita, 2009).

La contribución del pH a la calidad del suelo está dada por su atribución en los procesos de humificación y mineralización por medio de los microorganismos existentes. También puede provocar toxicidades a las plantas al ser sustancias

asimilables y actúa en los procesos de difusión y floculación del complejo adsorbente (Gasteiz, 2018).

Tabla 3. Clasificación del suelo de acuerdo al pH

pH	Calificación del suelo
Menor de 4	Extremadamente ácido
4-4,7	Muy fuertemente ácido
4,8-5,5	Fuertemente ácido
5,6-6,5	Moderadamente ácido
6,6-7,3	Neutro
7,4-8	Moderadamente básico
8,1-8,5	Fuertemente básico
Mayor de 8,5	Extremadamente básico

2.4. Beneficios de la cubierta vegetal del suelo

Según Ministerio de Agricultura (2014) nos dice que el suelo con una cubierta vegetal ayuda en:

- Reducir las pérdidas de suelo causada por la erosión hídrica y eólica.
- Aumenta la infiltración de agua en el suelo.
- Reduce la evaporación del agua del suelo, reteniendo agua por mayor tiempo.
- Aumenta y mejora la biodiversidad, conservando la macrofauna del suelo. Incrementa el contenido de materia orgánica en el perfil del suelo, por lo tanto, la fertilidad también se ve beneficiada.
- Las raíces de las plantas y los residuos vegetales contribuyen a mejorar la estructura del suelo haciéndolo más poroso, y por eso, absorben más fácilmente el agua.
- Mejora la estabilidad estructural de los agregados superficiales.

2.4.1. Suelo sin cobertura vegetal

Según Gregorio (2005), afirma que son suelos con ausencia de vida herbácea, leñosa y con un 25% de cobertura de musgo/líquenes. En estas áreas terrestres de suelo la superficie consiste en los afloramientos de un suelo desnudo o rocoso ya que no carece de cobertura vegetal. Estos suelos al estar desnudos y sin protección vegetal están expuestos directamente a la intemperie del medio, y como consecuencia afectándolo por los factores climáticos degradándolo más al suelo.

2.4.2. Efectos del suelo sin cubierta vegetal

La FAO (2000), asegura que por una cobertura inadecuada en la superficie del suelo existe una degradación física en el mismo, a esto llamamos pérdida de la calidad del suelo.

Un suelo con cobertura vegetal permite una manipulación adecuada de nutrientes y es factible para la humedad del mismo, previniendo una erosión hídrica y eólica, en cambio un suelo sin cobertura vegetal son suelos con ausencia de vida herbácea, leñosa y con un 25% de cobertura de musgo/líquenes (Altamirano, 2019).

Los parámetros físicos y químicos del suelo sirven para valorar los cambios que se dan en los sistemas de manejo. Los parámetros físicos fundamentan la valoración de la calidad del suelo y los químicos se refieren a situaciones que afecta la relación suelo-planta (Altamirano, 2019).

2.5. Calidad del suelo

El concepto de calidad de suelo trasciende a la definición de fertilidad; la cual se limita a la oferta y disponibilidad de nutrientes para las plantas (tales como nitrógeno, fósforo y potasio). Pero no abarca todas las propiedades del suelo que influyen sobre la producción vegetal (Parr *et al.*, 1992; Karlen *et al.*, 1992).

Por lo que un suelo de buena calidad, es aquel del que se pueden obtener cultivos, sanos y de alto rendimiento, con el menor impacto negativo sobre el

ecosistema. Adicionalmente un suelo sano posee propiedades de regulación o amortiguación frente a perturbaciones naturales (ej. clima) o antrópicas, proporcionando un ambiente estable al crecimiento saludable de los cultivos. Los factores que determinan la calidad del suelo, son aquellos que influyen en el crecimiento del cultivo y muchos de estos factores no son propiedades de la fertilidad propiamente dicha, como puede ser la estructura del suelo (Karlen *et al.*, 1992; Vandermeer, 2011).

Parr *et al.* (1992) afirman que “las diferentes propiedades químicas físicas y biológicas de un suelo interactúan de formas complejas determinando la capacidad de producir cultivos sanos y nutritivos. La integración de estas propiedades junto al nivel de productividad es conocido comúnmente como calidad del suelo”.

La calidad del suelo es un atributo que puede ser inferido por características específicas del suelo como son: compactación, erosión, pH, materia orgánica etc. tomando en cuenta que no incluye solo fertilidad, sino que también se refiere a la integridad de la estructura del suelo. Ya la pérdida de calidad de suelo puede definirse como la degradación del suelo (Karlen *et al.*, 1992; Parr *et al.*, 1992).

Para evaluar la calidad de los suelos deben ser medidas u observadas las propiedades químicas, físicas y biológicas; haciendo énfasis en esta última debido que los microorganismos e invertebrados del suelo cumplen un papel fundamental en la descomposición de la materia orgánica, así como en el ciclo de nutrientes. Adicionalmente los procesos biológicos contribuyen a la resiliencia y a la capacidad amortiguadora del suelo frente a cualquier stress ambiental o antrópico. Paralelamente está el carbono, el cual es un elemento esencial en los suelos, razón por la cual la materia orgánica representa un factor crítico al influir sobre casi todas las propiedades (físicas, químicas y biológicas) que definen la calidad del suelo así como en el ciclo de nutrientes (Parr *et al.*, 1992; Karlen *et al.*, 1992; Magdoff, 1999).

Evaluando la calidad del suelo es posible comprender el efecto que generan las prácticas y manejos sobre los suelos para posteriormente poder sugerir estrategias que mejoren la calidad del suelo (Parr *et al.*, 1992; Karlen *et al.*, 1992; Magdoff, 1999).

Para complementar León, (s.f.) firma apoyado en estudios actuales que “un suelo sano, con adecuados contenidos de nutrientes y de materia orgánica, bien estructurado y manejado con visión integral, respetando los ciclos y las leyes de los ecosistemas, es garantía suficiente para obtener rendimientos altos (producción) y sostenibles”.

2.5.1. Indicadores de calidad del suelo

Según Bautista *et al.* (2004) para que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo sean consideradas indicadores de calidad deben cubrir las siguientes condiciones:

- a) Describir los procesos del ecosistema.
- b) Integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- c) Reflejar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir.
- d) Ser o no sensitivas a variaciones de clima y manejo.
- e) Ser accesibles a muchos usuarios y aplicables a condiciones de campo.
- f) Ser reproducibles.
- g) Ser fáciles de entender.
- h) Ser sensitivas a los cambios en el suelo que ocurren como resultado de la degradación antropogénica.
- i) Cuando sea posible, ser componentes de una base de datos del suelo ya existente

Para evaluar las condiciones del suelo existen una serie de indicadores de calidad estandarizados que sirven como referencia (SQI, 1996). Los indicadores permiten

evaluar el estado de los suelos a través de observaciones o mediciones que nos indican si un suelo es sano, productivo o si, por el contrario; se encuentra degradado (Altieri y Nicholls, 2001).

Los indicadores son un grupo de mediciones u observaciones definidos por investigadores que por experiencia reconocen dichos datos como relevantes y sirven de referencia para evaluar cierto sistema o recurso. Los indicadores suelen funcionar no solo para describir sino para monitorear el mismo objeto de estudio en el tiempo. Los indicadores son una herramienta muy adecuada para evaluar y llevar seguimiento de un agroecosistema, pero si se quiere evidenciar la viabilidad de este sistema, dichos indicadores deben ser pertinentes en el tiempo, espacio, y las condiciones específicas de estudio (Parr *et al.*, 1992; Karlen *et al.*, 1992; SQI, 1996; Magdoff, 1999). Por medio de estos indicadores se podrá evaluar la calidad del suelo.

Los indicadores de calidad pueden ser categorizados en cuatro grupos generales como son: indicadores químicos, físicos, biológicos, adicionalmente se pueden usar indicadores visuales del sistema productivo que ejercen influencia en la calidad del suelo.

2.5.2. Indicadores Químicos

Dentro de la calidad del suelo está inmersa la fertilidad que puede ser evaluada por medio de indicadores químicos como el pH, Capacidad de Intercambio Catiónico, Carbono orgánico total, saturación de bases, etc. De la interacción de todos estos atributos que definen la fertilidad depende la producción vegetal en los agroecosistemas. Dentro de los componentes químicos se destaca el Carbono orgánico, del cual dependen directamente la diversidad y actividad de las poblaciones de fauna edáfica y microorganismos, así como muchas otras propiedades del suelo (Karent, 2019).

Dentro de las propiedades químicas existe un proceso que es fundamental para la fertilidad del suelo y se trata del intercambio iónico entre el complejo de cambio (fase sólida o coloidal); con la solución del suelo que es de donde pueden

absorber nutrientes las plantas. El complejo de cambio contiene cationes de Ca, Mg, K, Na, etc. adsorbidos. Estos iones al ser positivos pueden ser intercambiados por iones de la misma carga de la solución del suelo, surtiéndola nuevamente de los nutrientes extraídos (Ortega, 1995; Malagón *et al.*, 1995).

2.5.3. Indicadores Físicos

La calidad del suelo puede ser descrita por algunos indicadores físicos como densidad aparente, infiltración, porosidad, estructura, características de los agregados, etc. que influyen sobre diversos fenómenos como: el transporte de agua, nutrientes y aire. Adicionalmente regula la emersión de las plántulas, la penetración de las raíces e influye en los procesos de erosión (Karlen, *et al.* 1992 y Vandermeer, 2011).

Las propiedades físicas del suelo (Tabla 4) son utilizadas como parámetros de calidad que muestra como este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, igualmente como las limitaciones que se da en el crecimiento de las raíces, la infiltración, el movimiento del agua o la emergencia de las plántulas. Las características físicas del suelo como la densidad aparente, la infiltración, la estructura, la estabilidad de agregados, la profundidad del suelo, la conductividad y la capacidad de almacenamiento se han propuesto como indicadores de calidad del mismo (Doran y Parkin, 1994; Seybold *et al.*, 1997; Larson y Pierce, 1999).

Tabla 4. Conjunto de indicadores físicos

Propiedad Físicas	Relación con la condición y función del suelo	Valores o unidades relevantes
Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos	% de arena, limo y arcilla
Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial y la erosión	cm o m
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad	
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte, y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica	% (cm ³ /cm ³)
Propiedad	Relación con la condición y función del suelo	Valores o unidades relevantes
Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos	% de arena, limo y arcilla
Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial y la erosión	cm o m
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad	
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte, y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica	% (cm ³ /cm ³)

2.5.4. Indicadores Biológicos

En el suelo viven una serie de organismos; los animales o fauna edáfica ejercen una función importante con respecto al ciclo de nutrientes. Estos organismos también afectan la evolución de los suelos participando de la mezcla de partículas orgánicas y minerales, en la formación de poros y agregados por materia fecal, por estas razones los organismos son considerados un factor formador del suelo (Gliessman, 2002; López, 2020).

Con respecto al ciclo de nutrientes la mesofauna y macrofauna edáfica Pérez, (2018) y López, (2020) coinciden al señalar:

1. Consumen materia orgánica y la simplifican o fraccionan.
2. Mezclan el suelo y aumentan la porosidad mejorando las condiciones para la mineralización de la materia orgánica.
3. Aumentan la disponibilidad de nutrientes con material fecal y controlan poblaciones de microorganismos.

En el caso específico de las lombrices su presencia nos sirve como indicador de baja o alta aplicación de agroquímicos, debido a que son muy sensibles a estas sustancias (Pérez, 2018).

La microbiota edáfica contribuye a la mineralización de la materia orgánica, cumpliendo una función importante, pues de ella depende parte de la oferta de sales minerales y nutrientes asimilables por la planta. Influyen también en la humificación de la MO y fijación de nitrógeno por *Azotobacter*, *Clostridium* y simbiosis entre leguminosas y *Rhizobium* lo que resulta esencial, pues el N puede ser un factor limitante para el crecimiento de las plantas. La microbiota participa de ciclos de nutrientes de varios elementos como: C, N, S, P, Ca, Fe, Mn, entre otros (Pérez, 2018; López, 2020).

Adicionalmente los microorganismos al ser muy sensibles a perturbaciones resultantes del manejo del suelo; son un excelente indicador (Vandermeer, 2011).

2.6. La degradación de los suelos

La producción y algunas prácticas en los sistemas productivos agropecuarios convencionales, generan numerosas consecuencias que pueden degradar la calidad de los suelos, hasta el caso extremo de dejarlos improductivos.

Entre estas consecuencias están

1. La compactación por uso de maquinarias pesadas o sobrepastoreo.
2. La erosión por deforestación, uso intensivo de labranza.

3. Salinización por uso de aguas con altas concentraciones de sales solubles.
4. Contaminación por uso excesivo de pesticidas.
5. Pérdida de materia orgánica y nutrientes, por no ser restituida con los insumos de origen sintético.
6. Pérdida de la diversidad de la biota del suelo, por uso de pesticidas, agroquímicos, y por el constante volteo del suelo al arar, que disturban su hábitat y los deja expuestos a condiciones extremas, entre muchos otros efectos que en general afectan la fertilidad o la estructura básica del suelo para poder producir (Henríquez y Calbaceta, 1999; Vandermeer, 2011).

La erosión es el desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo principalmente por acción de agua y el viento. Este proceso de desencadena básicamente cuando el hombre provoca con sus actividades, el deterioro de la cobertura vegetal (Becerra, 1999). Las causas más frecuentes de la degradación del suelo son el sobrepastoreo, la deforestación y las malas prácticas agrícolas (SEMARNAT, 2020). La erosión hídrica es el principal proceso de deterioro de la tierra; por ella, miles de hectáreas han sido inutilizadas para la producción. Es un proceso complejo en el cual intervienen diversos factores, los cuales, para el caso de la erosión hídrica, han sido agrupados por la FAO en: climáticos, edáficos, topográficos y humanos (Becerra, 1999).

La degradación del suelo física, química y biológica, se evidencia en una reducción de la cobertura vegetal, la disminución de la fertilidad, la contaminación del suelo y del agua y, debido a ello, el empobrecimiento de las cosechas. El 14% de la degradación mundial ocurre en América del sur, la que posee las reservas de tierra cultivable más grandes del mundo. Cerca del 47% del suelo se encuentra aún cubierto por bosques, pero esta cifra se está reduciendo rápidamente producto de la expansión del territorio agrícola.

Durante los últimos 50 años, la superficie agrícola en la región aumentó notablemente, pasando de 561 a 741 millones de hectáreas. Sin embargo, la expansión de la producción ha ido, de la mano del uso intensivo de insumos,

degradación de suelos y aguas, reducción de la biodiversidad y deforestación, bajo una lógica orientada al mercado que no solamente pone en riesgo la calidad y disponibilidad de los recursos naturales, sino también los modos de vida de las personas, en particular de los más vulnerables.

El manejo del suelo puede afectar significativamente a la cantidad y calidad de agua disponible en una cuenca. El balance hidrológico se ve alterado producto de la deforestación, los cambios del uso del suelo y la cobertura vegetal, la sobre explotación de los acuíferos y el drenaje de cuerpos de aguas naturales. En las tres últimas décadas la extracción de agua se ha duplicado en la región con un ritmo muy superior al promedio mundial. Vale destacar en esta sección que el suelo es un excelente reservorio de humedad, lo que reafirma la conveniencia de manejar integralmente suelo y agua.

La degradación de los suelos es una de las dificultades más apremiantes en el marco de la crisis alimentaria mundial. Su explotación irracional y el brusco incremento de la población se unen a tal efecto, lo que provoca una mayor demanda de producciones agrícolas y consecuencias adversas sobre su calidad y productividad (Sánchez, 1996).

La protección de los suelos constituye un problema de seguridad nacional para nuestro país y, en los últimos años, ha sido investigada por especialistas de diversas disciplinas como Colombo (2004), Cotler *et al.* (2007), Franco (2010), Laizerowitch y Waisten (2010) y Vélez (2019). En tal sentido, Gutiérrez (2018) afirma que:

La degradación del suelo es el proceso por el cual este se deteriora debido a la acción de agentes naturales y a diversas causas de origen humano, como son las prácticas y usos agrícolas, la contaminación en sus diferentes formas, la política de infraestructuras, las realizaciones de tipo urbanístico, las labores mineras, los regímenes de ocupación de la tierra, la inestabilidad política y social, siendo el resultado final de todo ello una tierra menos útil para el hombre.

Asimismo, Soca y Villareal (2016) indican que el fenómeno responde a una combinación de factores naturales con diversos manejos del hombre, proceso que se fortalece como resultado del cambio climático, la aplicación de tecnologías sofisticadas con altos insumos en la agricultura y los factores propios del subdesarrollo. Por otra parte, según Vélez (2012), «la protección del suelo y de los recursos naturales conlleva un adecuado manejo y aprovechamiento racional, pues de ello depende la conservación del medio ambiente y la diversidad biológica, así como la seguridad alimentaria del país»

En el Programa Cubano de Mejoramiento y Conservación de Suelos (Instituto de Suelos de Cuba, 2001), se señala que 20 años atrás de los 6,6 millones de hectáreas que conformaban la superficie agrícola del país, estaban cultivados 3,6 millones y, de ellos, el 70% se vio afectado por la degradación. Uno de los factores limitantes de mayor relevancia fue la erosión, temible flagelo que ha perjudicado 2,9 millones de hectáreas.

La erosión constituye la causa más grave y frecuente de degradación y, por tener un carácter prácticamente irreversible, se ha convertido en el proceso de mayor notabilidad en la disminución de la capacidad productiva y fertilidad de los suelos (Dregne, 1987, citado por Soca y Villareal, 2019). A su vez, la erosión hídrica está determinada por la acción del agua sobre el suelo y comprende la acción de dos agentes fundamentales:

- a) Acción de la lluvia: su impacto es la causa principal de desprendimiento de partículas de suelo.
- b) Escorrentías: cuando el volumen de agua caída supera a la infiltrada, el líquido comienza a correr sobre la superficie siguiendo la inclinación de la pendiente.

Estudios realizados por Pérez (1989), citado por Soca y Villareal (2019) demuestran que un suelo fuertemente erosionado puede dejar de producir hasta un 70%, medianamente erosionado hasta un 50%, y los que experimentan erosión leve pueden reducir la capacidad de producción hasta un 20%.

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar las características de un suelo Ferralítico rojo con tecnología de cultivo intensivo de cítricos en Jagüey Grande

Objetivos específicos

- Determinar las características morfológicas de dos perfiles suelo.
- Definir la composición mecánica y textura del suelo.
- Evaluar las características químicas del suelo.

4. RESULTADOS ESPERADOS

- Caracterización de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados con cultivo de cítricos como plantación perenne por más de 50 años.
- Determinada la composición mecánica y la textura del suelo.
- Evaluadas las características químicas.
- Publicaciones en revistas de alto impacto.
- Presentación en eventos científicos nacionales e internacionales.
- Capacitación a especialistas y productores del municipio y la provincia involucrados en el uso y conservación del recurso suelo.

5. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.CRONOGRAMA

El proyecto consta de cinco etapas que se desarrollarán en la Unidad Científico Tecnológica de Base (UCTB) de Jagüey Grande.

1^{ra} Etapa: Revisión de la bibliografía

En esta etapa se conformará el equipo que trabajará en el futuro proyecto, para lo que se tendrán en cuenta los profesores e investigadores que poseen experiencia en la temática de varios centros de investigación como el IIFT, INCA y CEADEN profesionales de la producción, así como, estudiantes vinculados a las investigaciones de la UCTB. Las tareas a desarrollar son las siguientes:

Revisión de bibliografía actualizada sobre el tema a investigar.

Definición de suelo, estrategias para su uso y conservación. Los suelos ferralíticos rojos de Cuba, contenido de materia orgánica del suelo, relación carbono-nitrógeno (C/N), pH del suelo. Beneficios de la cubierta vegetal del suelo. Calidad del suelo, indicadores de calidad del suelo, indicadores químicos y la degradación de los suelos.

2^{da} Etapa: Selección del área para de estudio de dos perfiles de suelo.

La caracterización de los perfiles de suelo se realizará en el área agrícola de la UCTB de Jagüey Grande perteneciente al Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Se seleccionarán dos puntos representativos donde ahora están sembrados portainjertos jóvenes de cítricos en los que se realizarán dos calicatas de medidas de 150 cm de ancho por 150 cm de largo por 150 cm de profundidad, con una orientación norte-sur, con cara expuesta hacia el este para facilitar la observación del perfil, se empleará para la excavación barretas, palas, piochas y carretillas.

3^{ra} Etapa. Análisis de los perfiles de suelo

3.1. Descripción de los perfiles de suelos

Las características morfológicas de los perfiles se determinarán mediante la descripción con el empleo del Manual de Descripción de Perfiles de Cuba (Hernández *et al.*, 2023) y la clasificación de suelos que se aplicará será la última versión, elaborada por Hernández *et al.* (2015). Para la determinación del color del suelo se utilizará la Tabla de Colores Munsell (Munsell, 2021).

3.2. Composición mecánica y textura del suelo

Composición mecánica se realizará por el método de Bouyoucos modificado, utilizando pirofosfato de sodio para eliminar materia orgánica y exametafosfato de sodio como dispersante. La textura se determinará mediante el triángulo textural y la densidad de volumen (densidad aparente) en campo, utilizando cilindros de 10 cc

3.3. Caracterización química del suelo

Para la caracterización química del suelo se determinarán: Materia Orgánica por el método de Walkley & Black 1934, pH en agua, relación suelo agua 1:2,5, fósforo asimilable por el método de Olsen, cationes cambiabiles por el método de extracción con acetato de amonio, potasio asimilable se calculará a partir de los resultados obtenidos en el potasio intercambiable, los niveles de materia orgánica y nutrientes se clasificarán según las indicaciones del Nuevo Manual para la descripción de perfiles de suelos (Hernández *et al.*, 2023), el porcentaje de carbono orgánico (CO) se obtendrá dividiendo el % de Materia Orgánica entre 1,724, la reservas de carbono orgánico (RCO) por el método internacional: $RCO \text{ en Mg ha}^{-1} = \%CO \times Dv \text{ en Mg m}^{-3} \times \text{espesor en cm.}$

3.4. Caracterización climática

Se determinarán los valores de la media mensual y anual de las variables temperatura ($^{\circ}C$), precipitaciones (mm) en los períodos comprendidos entre 2012-2022 (últimos 10 años), para lo cual se consultan los datos de la estación meteorológica ubicada en la Estación Meteorológica de Jagüey Grande.

3.5. Análisis de las condiciones de formación de los suelos

El estudio realizará la caracterización de dos perfiles de suelos. Las condiciones de formación de estos suelos el relieve de la región es llano, suelos formados de rocas calizas duras subyacente, bajo un clima tropical subhúmedo con alrededor de 1 300-1 400 mm de lluvia anual y 24 - 24,5 °C de temperatura media anual. El tiempo de formación es a partir de finales del mioplioceno a principios del Cuaternario (Nuevo Atlas Nacional de Cuba, 1990).

Son suelos rojo profundo, bajo el proceso de ferralitización que da lugar a suelos de composición ferralítica (Hernández *et al.*, 2015). Se caracteriza por una alteración intensa de los minerales, con lavado de la mayor parte de las bases alcalinas y alcalino-térreas, y parte de la sílice, formación de minerales arcillosos 1:1 y acumulación de óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio: de esta forma todos los tipos genéticos presentan: horizonte B Ferralítico.

El horizonte B Ferralítico se caracteriza por:

- Predominio de minerales arcillosos del tipo 1:1 pudiendo llegar hasta 10% del tipo 2:1 del contenido total de la fracción arcillosa.
- Capacidad de intercambio catiónico <20 cmol.kg⁻¹ en arcilla
- Relación SiO₂/Al₂O₃ menor de 2,3 en arcilla.
- Contenido de hierro libre en relación al hierro total mayor de 60%.
- Estructura con agregados finos o muy finos.

El tipo Ferralítico Rojo Lixiviado específicamente son suelos Ferralíticos de perfil AB_tC, en los que predomina el color rojo y un horizonte B argílico.

4^{ta} Etapa: Procesamiento estadísticos y redacción del documento

Se realizarán los análisis correspondientes y se procederá a la escritura del documento.

Para el procesamiento de los datos se elaborará una base de datos en Excel y se utilizará el programa estadístico STATISTICA, Versión 6.0, (StatSoft, Inc., 2003). Los datos se procesarán mediante Anova de clasificación simple y se utilizará la prueba de rangos múltiples de Duncan para la comparación entre medias. Para los

datos que no cumplan con estas premisas, se utilizará la prueba de Kruskal-Wallis y las medias serán comparadas mediante la prueba de rangos múltiples de Student-Newman-Kwels (SNK) ($p \leq 0,05$).

5^{ta} etapa: Implementación y generalización de los resultados

Serán socializados los resultados obtenidos a los productores de la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”. Se enfatizarán las posibles limitaciones de las propiedades de estos suelos para el desarrollo de los cultivos. Los resultados obtenidos serán divulgados a través de conferencias, talleres, eventos, demostraciones en el campo, materiales didácticos, etc.

CRONOGRAMA.

Tabla 5. Cronograma de las principales tareas a ejecutar durante el desarrollo del proyecto.

Etapas	Tareas	Fecha de inicio	Fecha de culminación
1^{ra} Etapa: Revisión de la bibliografía.	Revisión bibliográfica y elaboración de proyecto	Enero 2024	Febrero 2024
2^{da} Etapa: Selección del área para de estudio de dos perfiles de suelo.	Seleccionar dos puntos con características representativas para realizar dos calicatas de 1,5 m x 1,5 m x 1,5 m	Marzo 2024	Mayo 2024
3^{ra} Etapa: Caracterización de dos perfiles de suelo.	Descripción de los perfiles de suelos.	Junio 2024	Junio 2024
	Composición mecánica y textura del suelo.	Junio 2024	Junio 2024
	Caracterización química del suelo	Septiembre 2024	Octubre 2024
	Caracterización climática	Octubre 2024	Octubre 2024
	Análisis condiciones de formación de los suelos	Octubre 2024	Octubre 2024
4^{ta} Etapa: Procesamiento estadísticos y redacción del documento	Se realizarán los análisis de los datos y la escritura del documento.	Noviembre 2024	Noviembre 2024
5^{ta} Etapa: Implementación y generalización de los resultados obtenidos.		Diciembre 2024	

6. RECURSOS NECESARIOS.

En la tabla 6 se presentan los recursos humanos necesarios para desarrollar el proyecto.

Tabla 6. Recursos humanos para desarrollar el proyecto.

RECURSOS HUMANOS PRINCIPALES					
Nombre y apellidos	Jefe de resultado	Grado Científico	Categoría científica, docente o tecnológica	Entidad	% participación
Alina Puente	X	M. Sc.	Inv. agregado	UCTB JG	25
Damián Martínez	X		Asp. Investigador	UCTB JG	15
Roberto Luzbet	X	M. Sc.	Especialista	UCTB JG	15
Aliasky Torriente			Técnico	UCTB JG	10
José Pérez		M. Sc.	Especialista	UCTB JG	10
Nelsis Simón			Técnico	UCTB JG	10
Mayda Torriente			Especialista	UCTB JG	5
Belkis Garrido			Especialista	UCTB JG	5
Edyan Godines			Estudiante	CUM	5

En la tabla 7 se presentan los recursos materiales necesarios para el desarrollo del proyecto, los cuales serán aportados por las instituciones participantes.

Tabla 7. Recursos materiales que aportan las instituciones participantes

DESGLOSE DE MATERIALES		
Material de oficina	Precio	Cantidad
Hojas	192,00	2
Libretas	64,61	6
lapiceros	52,50	10
Files	300,00	10
Reactivos		300
Total	609,11	328

7. PRESUPUESTO

En la tabla 8 se presenta el presupuesto del proyecto que incluye los gastos previstos en moneda nacional (MN).

Tabla 8. Presupuesto del proyecto en moneda nacional (MN).

PRESUPUESTO GLOBAL DEL PROYECTO	
CONCEPTO	AÑO 2024
	CUP
Salario (1)	222 925,00
Salario complementario (9,09 % del salario total anual) (3)	199 222,88
Subtotal (4)	264 097,88
Seg. Social (hasta 14% del total de los salarios) (5)	25 573,70
5% de impuestos por la utilización de la fuerza de trabajo (6)	12 704,89
Recursos materiales (7)	33 502,10
Subcontrataciones (8)	65 656,10
Otras retribuciones (2) (no representa salario res 287)	54 593,00
Otros recursos (9)	124 825,35
Subtotal (10)	326 855,15
Total Gastos Corrientes Directos (11)	580 953,04
Gastos de Capital (12)	
Gastos Indirectos (13)	177 868,52
Total de Gasto (14)	758 821,55
Aporte al Conocimiento (15) (hasta 25% del costo total del proyecto)	189 705,39
Ganancia (16) (10% del costo total del proyecto)	75 882,16
Total Gastos del Proyecto (17) = 14+15+16	1 004 040,00

8. EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA

La ejecución de este proyecto de investigación permitirá poner en manos de los productores herramientas a partir de la descripción y caracterización de los suelos ferralíticos rojos de la región para su uso y manejo a partir de que dispongan de los valores de parámetros físicos imprescindibles como la composición mecánica, la textura, la compactación y el contenido en humedad del suelo y de los contenidos en materia orgánica y nutrientes. Para el desarrollo del proyecto, no será necesario realizar nuevas inversiones ya que se dispondrá de las instalaciones y equipos de laboratorio de las instituciones participantes.

Los resultados que se deriven de esta investigación podrán utilizarse en la capacitación de los obreros, técnicos y profesionales vinculados al sector agrícola en el territorio.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Altieri, M. y Nicholls, C. 2001. Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café [en línea]. Disponible en: <http://www.agroeco.org/doc/SistAgroEvalSuelo2.htm>. [Consulta: octubre, 18 2023].
2. Bautista, A.; Etchevers, J.; Castillo, R. F. y Gutiérrez, C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas* 13: 90-97.
3. Becerra, A. 1999. Escorrentía, erosión y conservación de suelos. UACH. D. F. México.
4. Bermejo, R. 2005. La gran transición hacia la sostenibilidad. Principios y estrategias de economía sostenible, Catarata, Madrid, España.
5. Burbano, H. 2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Ciencias Agrícolas*. 33(2): 117-124.
6. Colombo, S. 2004. Valoración y análisis económico de impactos ambientales en procesos erosivos: aplicación de los métodos de valoración contingente y experimento de elección en la cuenca del Alto Genil [en línea]. Disponible en: <http://www.ugr.es/~cuadgeo/docs/articulos/034/034-016.pdf> [Consulta: octubre, 18 2023].
7. Corrales, E. 2002. Sostenibilidad agropecuaria y sistemas de producción campesinos. Cuadernos Tierra y Justicia No. 5 Reino de Noruega - SUIPICOL Suiza; Séjours Catholique Francia ASDI Suecia, IDEA - IER - ILSA - Secretariado Nacional Pastoral. Bogotá.
8. Cotler, H.; López, C. A. y Martínez, S. 2007. ¿Cuánto nos cuesta la erosión de suelos? Aproximación a una valoración económica de la pérdida de suelos agrícolas en México [en línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/320238320_Cuanto_nos_cuesta_la_erosion_de_suelos_Aproximacion_a_una_valoracion_economica_de_la_perdida_de_suelos_agricolas_en_Mexico [Consulta: junio, 8 2023].

9. Doran, J. & Parkin, T. 1994. Defining and assessing soil quality. *Soil Science Society of America*. 677(35): 3-21.
10. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. Portal de Suelos de la FAO [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/> [Consulta: septiembre, 22 2023].
11. Franco, J. 2010. Análisis económico de la erosión de suelos agrícolas en el olivar del alto Genil Granadino. *Estudios de Economía Aplicada*. 28: 1-5.
12. Gamarra, C.; Díaz, M. I.; Vera de Ortiz, M.; Galeano, D. P. y Cabrera, A. J. N. 2018. Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Mexicana de Ciencias Forestales*. 9(46): 4-26.
13. Gardi, C.; Angelini, M.; Barceló, S.; Comerma, J.; Cruz Gaistardo, C.; Encina Rojas, A. y Muñiz, O. 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Luxembourg: Comisión Europea, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
14. Gasteiz, V. 2019. Altitud y Elevación [en línea]. Disponible en: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8OtJU49f4PYJ:https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/79/34/37934.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec> [Consulta: junio, 8 2023].
15. Gliessman, R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, C.R: CATIE.
16. Henríquez, C. y Calbaceta, A. 1999. Guía Práctica para el Estudio Introductorio de los Suelos con un Enfoque Agrícola. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica.
17. Hernández, A.; Morales, M.; Pérez, J. M.; Cabrera, A.; Bosch, S. y Carnero, G. 2023. Manual para la descripción de perfiles de suelos de Cuba. Ediciones INCA. La Habana, Cuba. 82 p.
18. Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D. y Catro, N. 2015. Clasificación de los Suelos de Cuba 2015. Mayabeque Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas Instituto de Suelos. La Habana, Cuba.

19. Herrera, L. 2017. Manejo del suelo como recurso en asociaciones del sector agropecuario en el municipio de La Dorada, departamento de Caldas. Bogotá D.C: Universidad Santo Tomás.
20. Instituto de Suelos de Cuba 2001. Programa cubano de mejoramiento y conservación de suelos. La Habana, Cuba.
21. Jordán, A. 2006. Manual de Edafología. Universidad de Sevilla, España, 144 p.
22. Karlen, D.; Eash, N. y Unger, P. 1992. Soil and Crop Management Effects on Soil Quality Indicators. En American Journal of Alternative Agriculture. 7: 48-56.
23. López, M.; Martín, M.; Rodríguez, F.; Martínez, G. y Suarez, A. 2010. Sistemas de costo, Félix Varela, La Habana, Cuba.
24. Magdoff, F. 1999. Calidad y Manejo de Suelo. En Altieri, M. Agroecología Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan–Comunidad. Montevideo. p. 280-304.
25. Malagon, D.; Pulido, C.; Llinas, R. D. y Chamorro, C. 1995. Suelos de Colombia. Bogotá, D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
26. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. 1988. Editado por el Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba y por el Instituto de Geodesia y Cartografía. Depósito legal: M-25-927-1989 (España). ISBM: 84-7819-007-4.
27. Ortega, D. 1995. Consideraciones Generales para Interpretar Análisis de Suelos. En: Suelos de Colombia, origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Canal Ramírez Antares Ltda. Bogotá. 423 p.
28. Parr, J.; Papendick, R.; Hornick, S. y Meyer, R. 1992. Soil quality: Attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. American Journal of Alternative Agriculture. 7: 5-11.
29. Pérez, M. A. 2010. Sistema Agroecológico Rápido de Evaluación de Calidad de Suelo y Salud de Cultivos. Guía metodológica. Corporación Ambiental Empresarial. Bogotá, Colombia.
30. Piedrahita, O. 2009. Introducción pH del Suelo. Magnesio Heliconio S.A.

31. Pla Sentís, I. 2002. Evaluación de impactos ambientales derivados de la degradación de suelos y su relación con Cambios Climáticos. VI Escuela Latinoamericana de Física de Suelos (VI ELAFIS). UNAH. Habana. 20 p.
32. Riverol, M. y Aguilar, Y. 2015. Alternativas para reducir la degradación de los suelos en Cuba y el enfrentamiento al cambio climático en Libro “Sembrando en tierra viva. Manual de agroecología”. La Habana, Cuba.185 p.
33. Sánchez, P. 1996. Suelos del trópico: características y manejos, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José de Costa Rica.
34. Seybold, C. A.; Mausbach, M. J.; Karlen, D. L. y Rogers, H. H. 1997. Quantification of Soil Quality. En Soil Process and the Carbon Cycle (eds. Lal, R., Kimble, J.M., Follet, R.F. y Stewart, B.A.). p. 387-403.
35. Soca, M. y Villarreal, J. 2016. Efecto de la erosión sobre la fertilidad de diferentes tipos de suelos del trópico. Instituto de Investigaciones agropecuarias de Panamá (IDIAP).
36. Soil Survey Staff. 2006. Keys to Soil Taxonomy. Tenth Edition. United States Department of Agriculture. Washington, USA [en línea]. Disponible en: http://soils.usda.gov/technical/classification/tax_keys/ [Consulta: septiembre, 22 2023].
37. SQI. 1996. Indicators for soil quality evaluation. USDA, Natural Resources Conservation Service. Soil Quality Institute. Agricultural Research Service. USA.
38. Van Oost, P. K.; Govers, G. y Desmet, P. 2000. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage”, *Landsc. Ecol.* 15: 577–589.
39. Vandermeer, J. 2011. *The Ecology of Agroecosystems*. by Jones and Barlett Publishers. Massachussetts, USA.
40. Vélez, O. 2012. La conservación del suelo en México, ¿sostenible o en vías de destrucción de la cubierta vegetal [en línea]. Disponible en: <http://ecomexicosocial.blogspot.mx/2012/07/dia-de-la-conservacion-del-suelo.html?view=mosaic&m=1> [Consulta: noviembre, 9 2023].