



UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
CIENCIAS AGRARIAS



UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
CENTRO UNIVERSITARIO
MUNICIPAL ABREUS

TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

El aprovechamiento de los recursos propios del suelo, en el restablecimiento de la fertilidad del suelo en la Finca La Palma, de la demarcación Yaguaramas

Autor: Wilber González Delgado

Tutor: MsC. Julio García Vega. Profesor Asistente

Abreus, noviembre 2023

RESUMEN

Durante el período enero 2021 a septiembre del 2023, se realizó un estudio de carácter descriptivo, explicativo y no experimental, en tres fases de trabajo, en la Finca La Palma, con el objetivo de proponer una alternativa de restablecimiento para la fertilidad del suelo de uso agrícola, mediante el aprovechamiento de los recursos propios existentes. La metodología empleada en la recolección de la información primaria con la revisión documental, y entrevistas, facilitó la participación de informantes claves internos y externos, obteniéndose la caracterización de la finca, con énfasis en la identificación de deficiencias en la fertilidad del suelo de uso agrícola, y recursos propios para restablecerlos, se empleó la observación y mediciones de campo en el suelo y plantas, empleando Herramientas Metodológicas del Manual de Procedimientos para la implementación del Manejo Sostenible de Tierras; contextualizándose la estructura, funcionamiento y manejo de suelos, y el estado actual de la finca. Se ubicó un transecto de investigación muestreándose con el método de la Red Rígida. Los datos obtenidos se organizaron en hojas Microsoft Excel, para el procesamiento estadístico. El principal resultado fue la elaboración de una propuesta de Alternativa para el restablecer la fertilidad del suelo de uso agrícola y se concluyó que existen factores limitantes, en lo cual incide, el bajo nivel de conocimientos de la fuerza laboral, considerándose que la propuesta que se presenta puede resolver esos vacíos.

Palabras clave: restablecimiento, fertilidad, suelos, recursos propios, alternativa.

SUMMARY

During the period January 2021 to September 2023, a descriptive, explanatory and non-experimental study was carried out in three work phases at Finca La Palma, with the objective of proposing an alternative to restore soil fertility for agricultural use, through the use of existing resources. The methodology used in the collection of primary information with documentary review and interviews, facilitated the participation of internal and external key informants, obtaining the characterization of the farm, with emphasis on the identification of deficiencies in the fertility of the soil for agricultural use, and own resources to restore them, using observation and field measurements in the soil and plants, using Methodological Tools of the Manual of Procedures for the implementation of Sustainable Land Management; contextualizing the structure, operation and management of soils, and the current state of the farm. A research transect was located and sampled using the Rigid Network method. The data obtained were organized in Microsoft Excel sheets for statistical processing. The main result was the elaboration of a proposal for an alternative to restore the fertility of the soil for agricultural use and it was concluded that there are limiting factors, in which the low level of knowledge of the labor force has an influence, considering that the proposal presented can solve these gaps.

Key words: restoration, fertility, soils, own resources, alternative.

ÍNDICE

No	Contenidos	Pág.
	RESUMEN	
	INTRODUCCIÓN	1
	CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
1.1	Generalidades en el estudio de los suelos	5
1.2	Diagnóstico de la fertilidad del suelo	10
1.3	Uso de tecnologías en la fertilidad del suelo	13
	CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	17
2.1	Diseño de la investigación	17
2.2	Ubicación de las zonas de muestreo	18
	CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
3.1	Caracterización de la Finca La Palma Ubicación geográfica	25
3.2	Resultados del trabajo de campo	30
3.3	Propuesta de alternativa	34
	CONCLUSIONES	44
	RECOMENDACIONES	45
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
	ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

El suelo es un componente fundamental en los ecosistemas terrestres para la nutrición y soporte de las plantas, cumple análogamente la misma función en los agroecosistemas, por lo que se considera indispensable para la producción agropecuaria, así la conservación y buen manejo, depende la sostenibilidad de la producción de alimentos y la seguridad alimentaria de las generaciones futuras afirmación, idea que refrendan autores como: Machado, et al., (2015); Álvarez, et al., (2016), López (2022).

El suelo se considera un ecosistema complejo y diverso, donde se combinan las fases sólida, líquida y gaseosa, formando una matriz tridimensional; cuenta con una compleja naturaleza físico-química, estructura porosa y contenido de materia orgánica en diversas fases de descomposición y complejidad, proporcionando una heterogeneidad trófica y de hábitat, que permite en él la coexistencia de una gran diversidad de organismos: Machado, et al., (2015), Álvarez & Gutiérrez (2016), Caffaro (2016); Fernández & Álvarez (2016), Gómez (2018),Hernández, et al., (2018), López (2022).

En espacios de reflexión científica se debate la importancia del uso del suelo con fines productivos, pues genera alteraciones en la interrelación de las propiedades edáficas, ya que la condición biológica del suelo es muy sensible a los disturbios ocasionados por el laboreo, por lo que se considera que la biomasa microbiana es un excelente indicador de las variaciones y rotaciones de los cultivos: Hernández, et al., (2015); Álvarez, et al., (2016), López (2022).

Un problema asociado al manejo del suelo; es que al degradarse significativamente, este no es capaz de seguir produciendo, generando que los agricultores deban recurrir a expandir la frontera agrícola, reduciendo áreas naturales importantes para la diversidad y la conservación, análisis que refrendan en sus obras: Gutiérrez, et al., (2016), Caffaro (2016), Fernández, et al., (2016); Hernández, et al., (2018), Gómez, (2018), Mojica & Bolaño (2019), López (2022); y aluden a los agroecosistemas, en los cuales, el subsistema suelo, generalmente es observado vulnerable a las prácticas de la agricultura convencional, entendido, -únicamente- cómo el sustrato que soporta las raíces del cultivo; sin considerarlo como un componente complejo, que implica procesos naturales, con necesidades y requerimientos, que le permitan renovarse, mantenerse

sano y productivo; luego, un manejo inadecuado del suelo, implicaría su pérdida, ya que el nivel de respiración depende de la humedad y temperatura edáfica, que a su vez depende del manejo cultural del suelo, incidiendo también la fauna del mismo.

Las ideas antes analizadas, coinciden con los postulados de investigadores nacionales: Machado, Rajadel & Ponce (2015), Hernández, et al., (2015), Mojica (2017), Hernández, et al., (2018), Gómez (2018), Maura & Febles (2018), quienes indistintamente, consideraron la importancia del estudio de la fertilidad de los suelos y el aprovechamiento de los recursos propios de estos; luego, coinciden al exponer la repercusión que tiene la fertilidad, en la calidad de dichos suelos, ya sea de manera natural o fomentada por los productores, lo cual implica el análisis de las condiciones en su presencia, cantidad y asimilabilidad de elementos nutritivos, que hagan frente regularmente a las necesidades de las plantas, entendiéndose, la ausencia de elementos tóxicos que puedan limitar o suprimir la productividad del suelo.

También, otros investigadores: Blacutt (2013); Bloesch (2015); Boisier (2017); Mojica (2017); Hernández, et al., (2018); Maura & Febles (2018); aluden al ciclo de los nutrientes, junto con la estructura edáfica y otras propiedades del suelo, reguladas, por la actividad de una comunidad de microorganismos y diversas especies de invertebrados, los cuales forman parte de la mesofauna y macrofauna edáfica, y en estos, se plantea que participan en el ciclo de nutrientes, porque consumen materia orgánica, la simplifican o fraccionan; mezclan el suelo y aumentan la porosidad mejorando las condiciones para la mineralización de la materia orgánica (MOS); aumentan la disponibilidad de nutrientes y controlan poblaciones de microorganismos.

Luego, Hernández & Araujo (2016); Mojica & Bolaño (2019); analizan que la microbiota edáfica contribuye a la mineralización y humificación de la MOS, cumpliendo una función importante, pues de ella depende parte de la oferta de sales minerales y nutrientes asimilables por la planta; así como, influyen también en la fijación de nitrógeno y en los ciclos de nutrientes de varios elementos como, Carbono (C), Azufre (S), Fósforo (P), Calcio (Ca), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), entre otros.

En la calidad del suelo está inmersa la fertilidad, opinión que refrendan en sus estudios: Machado, Rajadel & Ponce (2015); Hernández, et al., (2015); Mojica (2017); y en ello, dicha fertilidad, puede ser evaluada por medio de indicadores que dependen

directamente de elementos o factores de ella entre los que destacan: uso y manejo del suelo, la diversidad y actividad de las poblaciones de la fauna edáfica (incluido los micro-organismos), así como, de las propiedades del suelo, por lo que, para tomar en consideración la planificación de alternativas de mejora de la fertilidad, es preciso tener en consideración el comportamiento de estos elementos o factores dentro de un agroecosistema.

También Hernández, et al., (2015); Gómez (2018); Maura & Febles (2018); Hernández, et al., (2018); presuponen que existen otros indicadores de la calidad del suelo, relacionados con la fertilidad, entre ellos destacan algunos indicadores físicos como: densidad aparente, infiltración, porosidad, estructura, características de los agregados, entre otros; los cuales, influyen sobre diversos fenómenos como: el transporte de agua, nutrientes y aire, así como en la estimulación de procesos realizados por los micro-organismos e invertebrados del suelo.

Al considerar, los análisis antes referidos, el resultado de estudios de suelos desarrollados en la provincia de Cienfuegos por: Rajadel (2011); Machado, Rajadel, & Ponce (2015); Hernández, et al., (2018); y de manera particular, en el municipio Abreus por López (2022), y el intercambio con productores de la finca La Palma, perteneciente a la CCS Adolfo Ortiz Fonte, ubicada en Alcalde Mayor, de la demarcación Cieneguita, en el municipio Abreus, fueron formulados supuestos que indican la pérdida de la fertilidad del suelo, lo cual tiene como fundamentos, el desconocimiento existente, por el personal que labora en esta Finca, acerca de métodos para evaluar la misma y el empleo de opciones que contribuyan a mitigar el impacto negativo que esto provoca en las producciones agrícolas de dicha finca

Así, se pudo inferir que existe una demanda, ante la necesidad de desarrollar una investigación, cuyos resultados, sean una vía para dar solución a esta problemática, desde la cual se mejoraría el aprovechamiento del suelo, a partir de sus recursos propios y por ende de la producción.

Los análisis realizados al respecto, justifican la presentación del **Problema científico:**
¿Cómo contribuir al restablecimiento de la fertilidad del suelo en la finca La Palma?

Hipótesis: si se logra una alternativa que promocióne el aprovechamiento de los recursos propios del suelo, entonces se contribuirá al restablecimiento de la fertilidad del suelo en la finca La Palma, mejorándose las producciones agrícolas.

Objetivo: Proponer una alternativa fundamentada en el aprovechamiento de los recursos propios del suelo, que contribuya al restablecimiento de la fertilidad del suelo en la Finca La Palma.

Objetivos específicos

1. Caracterizar la finca La Palma, en sus aspectos generales.
2. Determinar las afectaciones que presenta la fertilidad y los recursos propios del suelo en uso agrícola a partir de observaciones al suelo y a las plantas la finca La Palma.
3. Diseñar una alternativa fundamentada en el aprovechamiento de los recursos propios del suelo, que contribuya al restablecimiento de la fertilidad del suelo en la Finca La Palma.

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Generalidades en el estudio de los suelos

El suelo es un recurso natural que, a lo largo de la historia, ha proporcionado el sustento para la población humana; sin embargo, la creciente población mundial y su demanda de alimentos aumentan cada día más la presión sobre este recurso; luego, en las zonas tropicales del mundo se buscan alternativas para conservar los suelos, pues se ha confirmado que no es el clima cálido lo que impide una producción adecuada de del suelo, sino su manejo inadecuado (Sánchez, Hernández & Ruz, 2011).

Luego, el suelo, es parte de la superficie y se reconoce como un conjunto organizado, de espesor variable, el cual fluctúa desde centímetros hasta metros, que recubren las rocas, cuya capa es un ente vivo, que está en relación directa con la vida vegetal y está constituido por elementos minerales, cristalinos o amorfos, orgánicos y seres vivos, agua y aire; su estudio ocupa espacios de reflexión científica e intercambio entre los investigadores a diferentes niveles: Barraco & Díaz (2014), López (2022).

Otros investigadores como: Álvarez & Rimski (2016); y Hernández et al., (2018), apuntan que el suelo, es una materia sometida a constantes cambios, provocados por el efecto de las variaciones del clima, de la atmósfera y de la acción del hombre; de ahí que se le reconoce como un complejo dinámico, que evoluciona con el tiempo a velocidad y ritmos variables.

Por otra parte, autores como: Fernández et al., (2015); coinciden en reconocer a este recurso, como el medio fundamental para desarrollar la producción agropecuaria; y entre sus beneficios reportan que constituye el soporte para suministrar agua y elementos nutritivos a las plantas; por lo que de este depende el crecimiento y desarrollo de las mismas y, por consiguiente, la magnitud y calidad de las cosechas.

Un elemento esencial en el estudio de los suelos lo constituye su fertilidad, y para ello, se realizan investigaciones, con un carácter sistemático, en la búsqueda de mejoras y su aplicación en la producción agrícola; destacándose los resultados científicos aportados por investigadores como: Gutiérrez (2016); Fernández & Álvarez (2016); Álvarez & Gutiérrez (2016); López (2022), los cuales coinciden en afirmar, que cualquier medida agrotécnica y de mejoramiento de la fertilidad de los suelos, debe realizarse en correspondencia con las características particulares de cada tipo de suelo, teniendo en

cuenta todos aquellos cambios que pueden operarse en estos, como resultado de la influencia de la acción del hombre (factor antrópico) y de otros factores naturales.

En ese interés, investigadores nacionales han desarrollado estudios al respecto: Mojica (2017); Hernández, et al., (2018); Gómez (2018); Maura, & Febles (2018); Hernández, et al., (2018); López (2022), ya que sus doctrinas han fortalecido el uso, cuidado y conservación de los suelos, a partir del análisis y estudio de las características y las propiedades de los mismos, así como los elementos fundamentales para la realización de un manejo adecuado; considerando en ello, los principios de la ciencia del suelo, que han permitido el conocimiento de sus orígenes, estructura, composición, consistencia y propiedades; todo lo cual, ha favorecido su correcta utilización en el desarrollo agropecuario del país.

Otros investigadores centran su atención en el estudio de las características particulares del suelo: Gómez (2018); Mojica (2017); López (2022), los cuales reflejan en sus estudios, cómo aprovechar la fertilidad de los suelos, para poder satisfacer las necesidades de las plantas, con elementos nutritivos y con el agua; así, se pueden asegurar sus sistemas radicales y brindarles la cantidad de aire y calor necesarias para su normal desarrollo; por tanto, contribuyen a asegurar, en gran medida, las producciones agrícolas.

Algunos teóricos afirman que el suelo constituye la mayor riqueza de la economía nacional: Machado, Rajadel, & Ponce (2015); Hernández, et al., (2018); Gómez (2018); Maura, & Febles (2018); López (2022), y en ello, demuestran que su uso adecuado y la conservación de su fertilidad garantiza el bienestar de las personas, pues, asegura la fuente de alimentos, tanto para los humanos como para los animales y beneficia las exportaciones, en aras de suplir otras demandas en las necesidades, que permiten la calidad de vida, de las personas.

Otro aspecto de interés, lo constituye el estudio de los orígenes del suelo, al considerar en ello, el conjunto de diferentes fenómenos: químicos, físicos y biológicos, que ocurren en él y determinan una u otra propiedad de los mismos; aspectos que refrendan en sus estudios autores como: Maura, & Febles (2018); Hernández, et al., (2018); Gómez (2018), López (2022).

Además, los investigadores, antes declarados, reconocen la fertilidad del suelo y en ello, aluden a una de sus funciones: la fertilidad, entendida como aquella que permite suministrar nutrientes a las plantas; sin embargo, existen situaciones, en las cuales, los suelos fértiles son poco productivos, lo cual requiere del uso de alternativas para su manejo.

En estudios realizados por diferentes investigadores como: Mojica (2017); Hernández, et al., (2018); Gómez (2018); se reporta información donde se aseveró que del total de la superficie agrícola de Cuba, el 76.8 %, se encuentran afectados por diferentes procesos de degradación, donde se aglutinan diversos factores que inciden de forma negativa y limitan el rendimiento de los cultivos de interés económico, a valores inferiores a un 70.0 % de su potencial productivo, por lo cual, el 30.8% de ellos, son considerados dentro del rango de clasificación agroproductiva de medianamente productivos (III), mientras que el 46.0 %, se consideran pocos productivos (IV).

La fertilidad de los suelos, es entendida como aquella característica relacionada con la disponibilidad de nutrientes para las plantas; la cual depende de un complejo equilibrio de elementos y organismos (Altieri,1994; Torres et al.,2017; y Maura& Febles, 2018); López (2022), quienes aluden a las características físicas, químicas y biológicas, y cómo estas influyen en dicha fertilidad.

Según criterios aportados por diferentes autores como, Fernández, et al., (2015); Bloesch (2015); Hernández, et al., (2015); López (2022), una de las funciones del suelo es suministrar nutrientes a las plantas, por lo cual, el contenido de nutrientes de un suelo, también se reconoce como su fertilidad. Sin embargo, existen situaciones en las cuales, los suelos fértiles son poco productivos, es decir que, aunque muestren alto contenido de nutrientes, generan poca biomasa vegetal, es decir, que, aunque los nutrientes están en el suelo, estos no se encuentran en formas disponibles para las plantas, debido a diferentes causas, en este caso se plantea que, no son asimilables.

Ante lo referido, investigadores como: Rimski, & Álvarez (2016); Gómez (2018); aluden al manejo en la fertilidad de los suelos: y en ello, reconocen que dicho manejo depende de las propiedades físicas, químicas y biológicas que tienen los suelos y de las condiciones medioambientales, por su parte, Urquiza, Alemán & Flores (2011); Rajadel (2011); coinciden en afirmar que dichas propiedades, ejercen su influencia en ellos; y

ponderan la acción antrópica, como causa fundamental que provoca cambios, tanto positivos como negativos en dicha fertilidad.

Machado, Rajadel, & Ponce (2015); Hernández, et al., (2018); Gómez (2018); coinciden en afirmar que el manejo es reconocido como aquella acción que permite potenciar los mecanismos para mejorar la eficacia y la eficiencia en pos de la calidad de un proceso y que de forma específica, el manejo de la fertilidad de los suelos, comprende la aplicación de mecanismos eficientes y eficaces, que permitan el aprovechamiento de los nutrientes del suelo, sobre la base de los recursos propios del mismo y de otros recursos que deben ser utilizados.

Entre estos recursos, se encuentran: el reciclaje de los rastrojos, la fertilización adecuada, el aprovechamiento de las condiciones físicas del suelo; aspectos que están en la agenda de diversos eventos científicos y académicos, realizados con el objetivo de mejorar o incrementar la fertilidad del suelo, en función de lograr niveles satisfactorios en los rendimientos de los cultivos, Hernández, et al., (2018), López (2022), quienes señalan que la solución de los principales problemas que afectan los suelos agrícolas en el mundo y en Cuba deben ser observadas, con un enfoque sistémico e integrador y no como una solución aislada, pues se concatenan factores naturales y antrópicos.

De igual modo, los estudios de Hernández, et al., (2018); Gómez (2018); López (2022), señalan que un manejo integrado de los suelos reconocido, además, como manejo ecológico o sostenible, resulta de vital importancia para potenciar su capacidad productiva en beneficio del hombre.

Gómez (2018); recomienda establecer estudios en los agroecosistemas que permitan identificar tanto las causas de la pérdida de la fertilidad como de las potencialidades de fuentes internas existentes en dichos agroecosistemas, que faciliten el desarrollo de alternativas de mejoras de la fertilidad de sus suelos a partir del empleo de recursos propios; en esa perspectiva, Mojica (2017); y Hernández et al., (2018); López (2022), consideran que, desde el punto de vista agrícola, un suelo fértil, es aquel que puede proporcionar cantidades adecuadas de nutrientes para el crecimiento de las plantas, lo cual se traduce en mayor rendimiento y calidad del cultivo y reconocen algunas causas que afectan la fertilidad de los suelos, entre estos:

- La composición mineral. Es necesario conocerla, para poder predecir su capacidad de retener nutrientes para las plantas, determinado por la roca madre, clima, biología y procesos químicos; así cuando se hace referencia a los nutrientes minerales del suelo, existe una gran diferencia entre la cantidad total de nutrientes en el suelo y su disponibilidad para las plantas; de hecho, sólo una pequeña fracción de los minerales que componen el suelo estará disponible para las plantas.
- La aplicación de fertilizantes y enmiendas al suelo, es una herramienta clave para la mejora y conservación de la fertilidad del suelo y, por lo tanto, un programa de fertilización adecuado es uno de los factores de mayor influencia en la estabilidad del nivel nutricional del suelo y por ende, de su fertilidad.
- El pH del suelo. Es importante para mantener la fertilidad adecuada del mismo; y en ocasiones, puede afectar la disponibilidad de los nutrientes del suelo, por lo que muchos estudios plantean que un rango de pH de 5.5-7 es óptimo para la mayoría de los cultivos.
- Textura del suelo. Es la proporción de agregados del suelo (arena, limo y arcilla), cuya cantidad determinan el tipo de textura predominante. Los suelos arcillosos son capaces de retener más nutrientes que los arenosos y actúan como un reservorio de nutrientes, debido a que su Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es mayor, lo que constituye mayor capacidad del suelo para retener nutrientes, por tal razón, se considera que los suelos arcillosos suelen ser más fértiles que los arenosos.
- Materia orgánica del suelo (MOS). Es fuente de nitrógeno y fósforo, los que al ser mineralizados estarán disponibles para las plantas. La MOS incrementa la fertilidad del suelo y mejora su estructura; la disminución de su contenido constituye una de las principales limitantes para que los nutrientes puedan ser asimilables, así como, influye en las condiciones de acidez (pH), sodicidad (concentraciones elevadas de Sodio), salinidad, hidromorfismo, baja capacidad de almacenamiento de agua, cuyas manifestaciones también inciden de forma desfavorable en la fertilidad del suelo.
- Manejo de los nutrientes. El uso incorrecto de fertilizantes tiene efectos negativos en la fertilidad del suelo, por lo tanto, el exceso de fertilizantes, no sólo aumenta los costos, también ocasiona problemas de toxicidad en los suelos, debido a que las

sales minerales que no son utilizadas por el cultivo, se acumulan y afectan las futuras cosechas que se desarrollarán en ese suelo; en tanto, si no se utilizan, las cantidades adecuadas de fertilizantes, aquellos suelos originalmente fértiles se empobrecerán nutricionalmente, de esta manera el cultivo no alcanzará su potencial de rendimiento y los beneficios del agricultor decrecerán.

- **Monocultivo.** Este es otro de los factores antrópicos que incide negativamente en la fertilidad del suelo, el cual, en sentido general provoca grandes alteraciones en el contenido y composición de la MOS, con lo cual va disminuyendo bruscamente el contenido total de carbono, los complejos orgánicos móviles y semimóviles e incluso la redistribución de los microelementos dentro de las fracciones, por lo que varía su papel como barrera ecológica del suelo.
- **Precipitaciones.** La disponibilidad de nutrientes, también se ve afectada por otros factores que alteran a la producción agrícola, y uno de estos, son las precipitaciones; en condiciones de sequía, se produce el estrés hídrico para los cultivos, por lo que se afecta su normal desarrollo vegetativo al no contar con el agua que es el transporte por excelencia de los nutrientes y encargada de la turgencia celular, lo cual incide desfavorablemente en el comportamiento del rendimiento de los mismos.

Por otra parte, Machado, Rajadel, & Ponce (2015), López (2022), reconocen que la intensidad de las precipitaciones y su caída en exceso sobre la superficie del suelo, en períodos de tiempo corto, pueden provocar tanto el lavado de los elementos nutrientes que son arrastrados hacia el interior del perfil de suelo de conjunto con la MOS, o por el contrario al saturarse los poros de agua, y sobre todo en suelos arcillosos donde predomina la presencia del tipo de arcilla perteneciente al grupo de las Montmorillonitas, se produce el sellaje de los microporos, con lo cual se acelera la ocurrencia de los procesos de escorrentía superficial y por ende, la erosión hídrica, lo cual trae por consecuencias, la pérdida de la fertilidad por arrastre.

1.2 Diagnóstico de la fertilidad del suelo

Este diagnóstico, comprende el análisis de los suelos y tejidos vegetales, constituye una herramienta importante para el seguimiento al estado nutricional del suelo. En esa línea de pensamiento, diferentes autores asumieron los criterios de Altieri (1994), y

reconocen que los sistemas agroecológicos deben tener características similares a los ecosistemas naturales en equilibrio, para lo cual es preciso, que se mantenga un manejo adecuado, según las características más importante.

Tal es el caso de investigadores como: Caffaro (2016); Boisier (2017); y Torres, et al., (2017); quienes plantean que en los agroecosistemas debe mantenerse: alta diversidad de especies, ciclos minerales relativamente cerrados, baja relación biomasa cosechada y biomasa total y adecuada actividad biológica del suelo.

El análisis de estos aspectos, consideró la opinión de investigadores entre los que destacan: Machado, Rajadel & Ponce (2015); Mojica (2017); Hernández, et al., (2018); y Gómez (2018); López (2022), quienes proponen que, el manejo de la fertilidad de los suelos, en los sistemas de producción debe apoyarse en alternativas como: la diversificación, el uso de la biodiversidad, la integración, la actividad biológica, las prácticas de conservación del suelo y del agua, la siembra directa, la inclusión de la ganadería y la capacitación de los productores y decisores en temas relacionados al manejo de la fertilidad, entre otras.

Para Hernández, et al., (2018); López (2022), la diversificación de especies en el espacio y en el tiempo (policultivos, rotaciones de cultivos, sistemas agrícola-ganaderos, sistemas silvo-pastoriles), permite un aprovechamiento más eficiente de la disponibilidad temporal y en profundidad de los nutrientes y el agua, con lo cual, uno de los beneficios generados, es la reducción de la pérdida de nutrientes.

Mojica (2017); destaca, que el nivel de biodiversidad de un agroecosistema donde se incluya la ganadería, difiere considerablemente de la diversidad natural y de las especies originales que lo constituyen, por lo que, en el manejo de la fertilidad de los suelos, debe incluirse el empleo de leguminosas en el sistema productivo, para la fijación biológica del nitrógeno y el aprovechamiento del resto de cosechas como recursos propios para la producción de abonos orgánicos.

Asimismo, Machado, Rajadel & Ponce (2015); López (2022), se refieren a que con la integración de la producción animal, manejada con pastoreo directo, se favorece el reciclaje de nutrientes, ya que se incluyen especies fijadoras de nitrógeno atmosférico en la fase ganadera y por ende, se acelera el flujo de nutrientes; además, como parte del manejo de la fertilidad de los suelos, se logra la utilización de abonos orgánicos que

promueve la actividad biológica, que contribuye a mantener o aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y a mejorar las propiedades físicas del mismo.

En diferentes reportes como los de Hernández et al., (2018); se pone de manifiesto que las prácticas de conservación de suelo y agua, en el marco de una producción sostenible, debe considerarse la protección del suelo frente a la erosión hídrica y eólica, por lo que una buena práctica sería, mantener el suelo cubierto para evitar estos procesos de degradación, la cual se logra mediante el empleo de diferentes acciones entre las que destacan: rotación de cultivos, cultivos de cobertura y prácticas de labranza conservacionista (labranza vertical, reducida o siembra directa), todo acompañado de una fuerza laboral calificada y con conocimientos para ejecutar las acciones que se planifiquen.

Finalmente puede asegurarse, que la escala de producción, condiciona parcialmente las prácticas agronómicas a aplicar para el manejo de la fertilidad (SAGPYA, 2010), por ejemplo:

- En cultivos extensivos, la inclusión de la ganadería permite reponer, parte del nitrógeno exportado por el uso de leguminosas como pastos; sin embargo, es necesario recurrir a la aplicación de fertilizantes (químicos u orgánicos) para mantener la fertilidad del suelo. En estos sistemas productivos, por su gran extensión, no es posible sostener la fertilidad sobre la base de la adición de enmiendas orgánicas debido a los elevados volúmenes que se deberían disponer.
- En plantaciones hortícolas, es factible basar el manejo de nutrientes en la aplicación de enmiendas orgánicas, complementando con fijación biológica de nitrógeno, en estos la cría de aves, porcinos o cabras, entre otros, puede ser la base para generar las enmiendas orgánicas utilizadas en los cultivos.

Altieri (2002); presentó sus experiencias, con opciones de manejo, para cumplir con las estrategias que permiten mantener la calidad del suelo, destacando que las mismas son utilizadas en forma independiente del tipo de producción orgánica o convencional, lo cual permite un adecuado manejo de la fertilidad del suelo.

En la figura 1, se hace referencia de modo general, a un grupo de estrategias que están acompañadas de la propuesta de prácticas o acciones a seguir para lograr la sostenibilidad de la calidad del suelo en un agroecosistema.

ESTRATEGIA	PRÁCTICAS O ACCIONES
Mejorar la estructura del suelo	Cultivos de cobertura, "mulching", labranza conservacionista
Elevar el contenido de MO	Aplicación de estiércol, desechos orgánicos, abonos verdes y labranza conservacionista
Reducir la compactación	Labranza mínima y uso de cultivos perforadores
Mejorar reciclaje de nutrientes	Aplicación de materia orgánica, sistemas agroforestales, cultivos múltiples, integración animal, sincronía entre liberación del nutriente y consumo por los cultivos, activación biológica del suelo
Manejar la acidez del suelo	Uso de variedades tolerantes, aplicación de cal, adición de MO y enmiendas naturales
Manejar la salinidad y alcalinidad	Riegos especiales para mejorar la lixiviación de sales, aplicación de enmiendas, uso de cultivos apropiados.

Figura 1. Prácticas agronómicas para sostener la calidad del suelo

Fuente: adaptado de Altieri (2002)

Investigadores a nivel global exponen sus experiencias respecto al manejo de la fertilidad del suelo, y consideran que este tipo de manejo, requiere del empleo de tecnologías que mitiguen los efectos negativos sobre dicha fertilidad, sin embargo, otros autores consideran el uso de estas tecnologías desde aristas divergentes, pues consideran el manejo de la fertilidad de los suelos según los contextos físicos y ambientales, en que se produce: Díaz (2009); y Ordaz et al., (2014), López (2022).

1.3 Uso de tecnologías en la fertilidad del suelo

El tema que refiere el uso de las tecnologías para mejorar la fertilidad de los suelos a nivel global, se insertó entre los análisis promovidos en el Congreso Internacional de Suelos, realizado en la Ciudad de La Habana en el año 2018; donde se conoció que en Cuba según criterios de Gómez (2018); más del 70 % de los suelos cultivables del país, se encuentran afectados por algún factor limitante para su uso agrícola, y a su vez se encuentran afectados por algún proceso de degradación, que inciden desfavorablemente en la pérdida de su fertilidad natural.

Entre estos procesos destacan: la erosión (en los rangos de calificación de fuerte a media), la compactación (calificada entre alta a media), la salinidad / sodicidad y la pedregosidad; aspectos que convocan a la aplicación de buenas prácticas agrícolas en el uso y manejo de suelos.

Ante esta situación, el Ministerio de la Agricultura de la República de Cuba, implementó desde el año 1993, el Programa de Producción de Abonos Orgánicos y Biofertilizantes; así como, el Programa Nacional de Conservación y Mejoramiento de los Suelos, los cuales tienen entre sus principales prioridades, combatir la erosión, la acidez,

alcalinidad, la salinidad y la baja fertilidad, que afectan a este fundamental recurso, también se crearon mecanismos y se actualizó la legislación vigente, con el Decreto 179 para normar el uso, manejo y protección de los suelos (Gómez, 2018).

En ese interés, la determinación de las tecnologías para mejorar la fertilidad de los suelos, se constituye como un desafío a nivel mundial, en el cual Cuba se inserta, a partir de programas y proyectos vinculados a la conservación y el mejoramiento de los suelos, con el objetivo de fortalecer las políticas hacia el uso de las mismas en función de mejorar la fertilidad que son avaladas a partir de los datos presentados por el Instituto de Suelos, de Cuba y el análisis de la situación actual de los suelos en el país, (I.S.,2006); lo cual se muestra en las figuras 2 y 3.

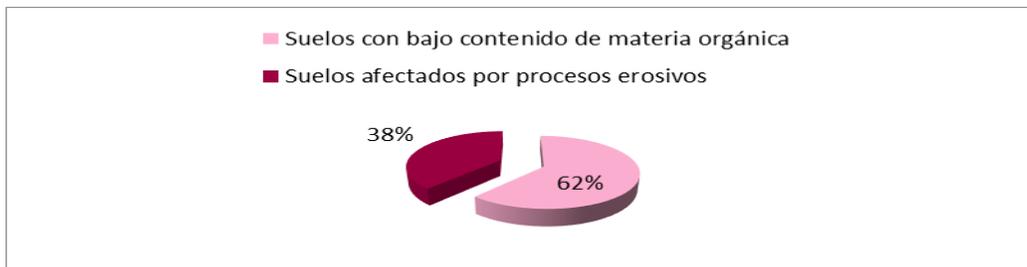


Figura 2. Situación de los suelos en Cuba.

Fuente: Instituto de Suelos, de Cuba (2006)

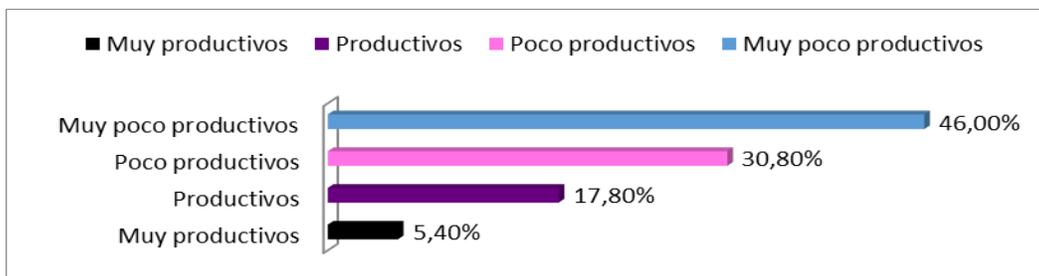


Figura 3. Situación de los suelos en Cuba.

Fuente: Datos del Congreso Internacional de Suelos, La Habana, 2018.

Así, el uso de tecnologías que mejoren la fertilidad de los suelos puede potenciarse incorporando cultivos de protección que agreguen residuales orgánicos al suelo, mejorando sus propiedades físicas como la estructura y promueve un suelo sano y fértil; también, con el empleo de especies vegetales que sirvan como abono verde (incorporación de leguminosas) para fijar al suelo el nitrógeno atmosférico a través del proceso de fijación biológica (Gómez, 2018).

Finalmente, otra vía puede ser con la aplicación de dosis óptimas de fertilizante químico, con el fin de reponer las pérdidas que se producen mediante la absorción de

nutrientes por las plantas y la ocurrencia de procesos de lixiviación de nutrientes por el agua (Gómez, 2018).

A partir del análisis de la literatura consultada, se consideró que, a nivel mundial, el uso de las diferentes tecnologías en función de mejorar la fertilidad de los suelos, es un tema de actualidad, que ocupa a investigadores, decisores y productores; por lo que, se seleccionaron las de mayor uso, las cuales se describen a continuación:

- Biofertilizantes, reconocidos como fertilizantes orgánicos, producidos por microorganismos, que proporcionan a las plantas los nutrientes necesarios para su desarrollo, al mismo tiempo que mejoran la calidad del suelo ayudando a conseguir un entorno microbiológico optimizado y natural (González & Sarmiento, 2019).
- Hernández & Araujo (2016); González & Sarmiento, (2019); plantean que los microorganismos que se utilizan para la fabricación de biofertilizantes, son aquellos que establecen interacciones positivas con las plantas y que son de fácil manejo en condiciones industriales (medios de cultivo baratos, crecimiento rápido, entre otros).

Dentro de los fertilizantes biológicos se diferencian aquellos producidos con microorganismos que fijan Nitrógeno (N_2), que es un nutriente que puede limitar el crecimiento de los cultivos, de manera que cualquier forma de aumentar su aporte al sistema o de disminuir sus pérdidas, es importante desde el punto de vista ecológico y económico. Se encuentran también los conocidos como PGPR (promotores del crecimiento) que favorecen la nutrición vegetal por otras vías, como la solubilización y el traslado de Fósforo (P), (Hernández & Araujo, 2016 y González & Sarmiento, (2019).

Microorganismos benéficos o efectivos (ME). Según Correa (2008), el concepto y la tecnología de los microorganismos efectivos (EM) o microorganismos benéficos (MB), suprimir los microorganismos putrefactivos (inductores de enfermedades) y a través de ellos, mejorar la eficacia en la utilización de la materia orgánica.

Las investigaciones y los trabajos de campo, a nivel mundial, han demostrado que la inoculación de cultivos de EM al ecosistema suelo/planta mejora la calidad de los suelos, el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los cultivos; Daly & Stewart (1999). Esta perspectiva se refrenda en las concepciones teóricas de estudiosos del tema como: Hernández, C et al., (2002), Hernández et al., (2015), Maura & Febles (2018), Hernández et al., (2018), López (2022), quienes aluden a que la fertilidad del suelo,

puede mejorarse a partir del empleo de diferentes materiales que aparecen en los agroecosistemas y pueden ser considerados como recursos propios, lo cual le imprime capacidad a estos para sustentar el crecimiento de las plantas y optimizar el rendimiento de los cultivos, a través del uso de tecnologías para la producción de fertilizantes orgánicos que además de contribuir a favorecer los nutrientes del suelo, que mejoran su fertilidad del suelo y la producción de cultivos, reducen al mínimo el impacto medioambiental.

Estos investigadores también le atribuyen al empleo de estos recursos otras ventajas, como incrementar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental de los sistemas agrícolas; para lo cual es factible, adoptar un enfoque integrado en la gestión de dichas tecnologías, de modo, que se potencie al máximo, la producción de cultivos y se reduzca al mínimo la extracción de las reservas de nutrientes del suelo y la degradación de las propiedades del suelo.

Otros estudiosos del tema: Rajadel (2011), y Gómez (2018), refieren, que las prácticas de gestión de la fertilidad del suelo a partir del uso de estas tecnologías, incluyen también la aplicación de técnicas de rotación de cultivos con leguminosas y el empleo de germoplasma mejorado, así como, saber adaptar esas prácticas a condiciones locales, teniendo en consideración, aspectos como: tipo de suelo, los contextos donde pueden ser aplicadas, conocimientos ancestrales o tradicionales, potencialidades respecto a recursos disponibles, entre otros, y de ese modo, se apoya la producción de cultivos y la preservación de recursos como el agua, el suelo y la biodiversidad.

En ese sentido, Machado, Rajadel, & Ponce (2015); Mojica (2017); Hernández, et al., (2018); y Gómez (2018); López (2022), coinciden, al considerar que la gestión integrada de la fertilidad del suelo tiene como finalidad maximizar la eficacia del uso agronómico de los nutrientes y mejorar la productividad de los cultivos y consideran que esto es alcanzable, ya que mediante el uso de leguminosas como abono verde, además de mejorar la fertilidad del suelo por medio de la fijación biológica de nitrógeno, se disminuye el empleo de fertilizantes químicos.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

La investigación se desarrolló durante el período comprendido entre enero del año 2021 septiembre del 2023, con la realización de un estudio de carácter descriptivo, explicativo y no experimental, en la finca La Palma, perteneciente a la CCS Adolfo Ortíz Fonte, ubicada en Alcalde Mayor, de la demarcación Cieneguita, en el municipio Abreus, como parte de la culminación de estudios del Ingeniero Agrónomo.

El diseño de la investigación consideró dos momentos:

1. La recolección de la información primaria, aplicándose una entrevista a informantes clave.

2. Trabajo de campo.

El trabajo de campo, tuvo como propósito, ejecutar las observaciones directas y las mediciones de campo al suelo y a los cultivos establecidos, para ello, se implementaron Herramientas Metodológicas del Manual de Procedimientos para la implementación del Manejo Sostenible de Tierras (Urquiza, N et al., 2011). Esta fase se desarrolló en tres pasos,

Paso 1. Ubicación del Transecto de la investigación

Paso 2. Observaciones y registros de campo

Paso 3. Determinación de las afectaciones al suelo

A continuación, se explican la metodología seguida para la realización del trabajo de campo.

- Paso 1. Ubicación del Transecto de la investigación

Para la ubicación del transecto fue necesario llevar a cabo un recorrido por las áreas agrícolas de la Finca La Palma, reconociéndose las distintas problemáticas existentes, respecto a la situación de la fertilidad del suelo, su manejo y el empleo de recursos propios.

Durante la realización de este paso, se procede al diseño del muestreo, y para ello, el investigador, realiza cinco pasos:

1. Se partió de la zonificación preliminar, obtenida como resultado del recorrido por las áreas agrícola, determinándose en toda la finca la Palma.

2. La observación de los cultivos, y la selección de cinco, de estos: yuca, frijol, maíz, tomate y calabaza.
3. Organización del intercambio con los productores.
4. Ubicación y cantidad de transectos de investigación y la identificación de las zonas posibles para la observación del suelo y las plantas.
5. Determinación de las afectaciones en la fertilidad del suelo.

2.2 Ubicación de las zonas de muestreo

Para la ubicación de las zonas de muestreo, se observaron las vías de acceso. También se tuvo presente el estudio de varios métodos que permiten establecer el diseño de muestreo, revisados en la literatura científica consultada, y se consideró emplear el método de la red rígida; relacionada con la ubicación estratégica de transectos transversales a las unidades que presentan algún grado de pérdida de fertilidad (Figura 4).

El área experimental definida contó con una dimensión de 36 m², en ella se ubicaron 16 puntos de muestreo, dispuestos en forma triangular, lo cual permitió abarcar una gran gama de unidades en la toma de muestras de suelo y plantas para corroborar los procesos de pérdida de fertilidad en el suelo.

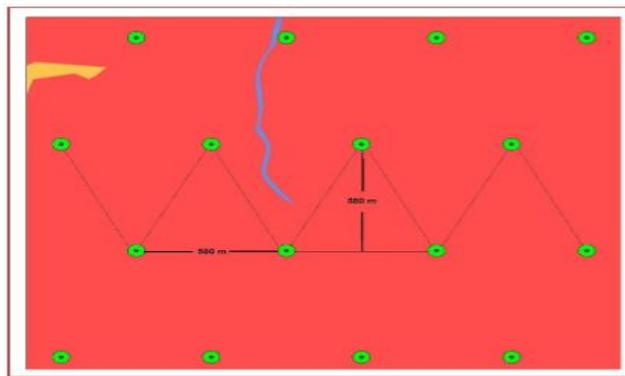


Figura 4. Puntos de muestreo con la metodología de Red rígida

Para los muestreos se procedió a la elaboración de una micro cala cuyas dimensiones fueron: 0,20 m x 0,20 m y una profundidad de 0,30 m, con el fin de observar los horizontes en el suelo estudiado; además se aplicaron barrenas que profundizaron entre 0,20 y 0,30 metros aproximadamente (según el grosor de los horizontes A+B). Con la barrena, se observaron los cambios ocurridos en la morfología del suelo, relacionados con color, estructura, conteo de lombrices, conteo de raíces, y el PH.

- Paso 2. Observaciones y registros de campo

Una vez ubicado el transecto, se procedió a la realización de las observaciones y registro de campo, y para ello, se estudiaron las Herramientas Metodológicas del Manual de Procedimientos para la implementación del Manejo Sostenible de Tierras (Urquiza, et al., 2011).

Estas observaciones tuvieron como finalidad poder reconocer e identificar las afectaciones en la fertilidad del suelo en el área estudiada y reconocer las que muestran mayor cobertura de presencia de recursos propios como las sustancias de los desechos de animales y vegetales; a partir de lo cual se determinaron dos puntos:

Punto 1. Características morfológicas del suelo

Punto 2. Escala de medición para las plantas

En ambos puntos se previó la evaluación de las características morfológicas del suelo.

Para ello, se procedió a estimar la cobertura del suelo mirando el cultivo situado a dos metros al frente del observador a través de un círculo formado por los dedos pulgar e índice de la mano y colocados a cerca de 10 cm de los ojos y evaluar el área de suelo cubierta por las hojas y las sombras.

En un primer momento decidir si la cobertura es mayor o menor del 50 por ciento y después hacer aproximaciones del 10 por ciento. Repetir en distintas áreas mirando en diferentes direcciones y no hacer estas estimaciones cuando el sol esté bajo ya que provoca sombras largas; el momento más adecuado es alrededor de mediodía. Estos valores son importantes para apreciar cuando y si se llega a la cobertura total, como se muestra en la figura 5, para luego determinar las características morfológicas: color, estructura, textura, cuantificación de la población de lombrices y raíces y medición del pH del suelo.



Figura 5. Modelo a la observación del suelo

El color del suelo indica propiedades importantes del suelo. El color del suelo da mucha información acerca del material que compone el suelo y de los factores humanos o climáticos que han alterado las rocas y sedimentos originales para dar la condición de suelo actual; funciona, además como indicador claro sobre el estado actual de drenaje (o aeración) y puede reflejar el estado de la materia orgánica del suelo, especialmente útil cuando se comparan los suelos de tierras dedicadas al cultivo por largo tiempo y tierra debajo de hileras de árboles y cercas. En general cuanto más oscuro es el suelo, mayor es la cantidad de materia orgánica en su contenido.

Para medir el color del suelo, se procedió a tomar un terrón de la capa a describir, rompiendo el mismo, para exponer un lado fresco como se observa en la siguiente figura 6.

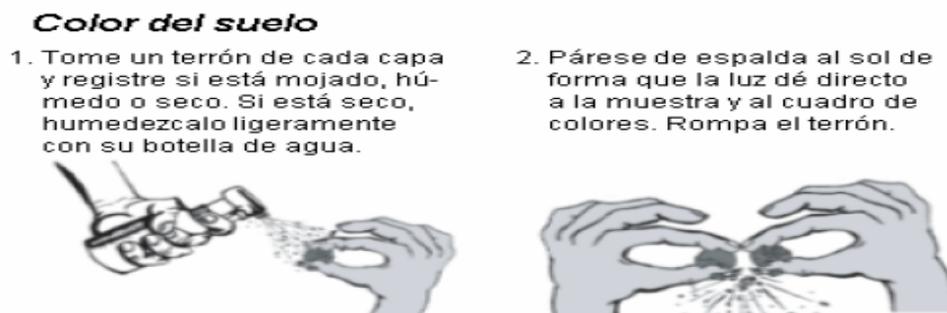


Figura 6. Procedimiento para evaluar color del suelo

Al comprobar que el suelo está seco, se humedeció con goteo de agua, y se esperó a que el agua se filtre en el terrón, identificando el color que toma el terrón (ej. rojo, marrón, gris, negro, blanco, etc.); si el suelo tiene más de un color, se registrarán como máximo 2, y se indica cual es el que aparece más (dominante) y cual es secundario. Se procede a registrar en la hoja de trabajo de campo.

- Estructura del suelo

Se tuvo en cuenta el Piso de aradura, registrándose la presencia, grosor y grado de desarrollo de pies de arado, de acuerdo con los Puntajes (Shepherd, T. G, s. f.).

1. Buena Condición (puntaje = 2): no hay pie de arado, la estructura es pulverizable y hay poros desde la superficie al subsuelo.

2. Condición Moderada (puntaje = 1): pie de arado firme, moderadamente desarrollado en la superficie (o parte superior del subsuelo), masivo, pero conteniendo uno o más de: áreas de suelo arriba o debajo del pie de arado, rajaduras o poros continuos.

3. Condición pobre (puntaje = 0): pie de arado desarrollado en la parte baja de la superficie (o parte superior del subsuelo) con una estructura masiva de consistencia firme a extremadamente firme y pocas o ninguna rajadura o poro.

También se analizó la distribución en tamaño de los agregados, que permite analizar en el campo la distribución en tamaño de los agregados, según los Puntajes (Shepherd, T. G, s. f.):

1. Buena Condición (puntaje = 2): buena distribución de agregados pequeños y fragmentables, sin terrones de tamaño significativo.

2. Condición Moderada (puntaje = 1): el suelo contiene una proporción importante tanto de terrones grandes y sólidos, como de otros pequeños y fragmentables.

3. Condición Pobre (puntaje = 0): el suelo está compuesta en su mayoría por terrones muy grandes y firmes, con muy pocos agregados pequeños.

- Textura del suelo

Textura del suelo por el tacto según el Método y dibujo permitió determinar el tipo de suelo y para ello, se empleó una cucharada de suelo en la palma de la mano y echarle unas gotas de agua, en tanto, al escurrir y amasar el suelo hasta que se adhiera a la mano, y en la medida en que se pueda moldear, como en la figura, dará una idea aproximada de la clase de textura, como se muestra en la figura 7.

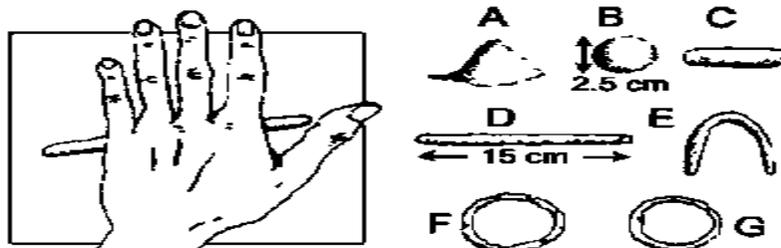


Figura 7. Determinación de la textura del suelo

- Cuantificación de la población de lombrices

La biota es la “vida” misma del suelo, y no sólo es un indicador excelente del “bienestar” general del suelo, sino que su presencia y forma de vida mejora de por sí las condiciones del suelo. Se aplicó el Método:

1. Mientras se manipula el suelo en la pala para llevar a cabo la descripción del suelo, se recogen todas las lombrices que encuentre y se identifican las marcas

características de la presencia de lombrices, registrándose el número de lombrices en base a un metro cuadrado. Por lo que, si la pala tiene 20cm^3 , eso equivale a $1/25\text{ m}^2$ de suelo, luego, se multiplican por 25 la cantidad de lombrices para convertir a m^2 .

Puntaje (Shepherd, T. G, s. f.):

1. Lombrices abundantes (puntaje = 2): se cuentan más de 8 lombrices
2. Cantidad moderada de lombrices (puntaje = 1): se cuentan entre 4 y 8
- Pocas lombrices (puntaje = 0): se cuentan menos de 4 lombrices.

- Cuantificación de raíces

Esto se realiza: examinando el sistema radical que emana de los lados del bloque de tierra en la pala, y de igual forma cuando se manipule el bloque y se lo rompa para la descripción de la estructura del suelo. Las observaciones (registradas y con un puntaje asignado en las hojas de campo) incluirán lo siguiente:

1. Evidencia de cambios agudos en la penetración de las raíces en el suelo (el síndrome de raíz en forma de “L”, especialmente evidente en cultivos con pocas raíces como algodón y girasol).
2. Cantidad y densidad desproporcionadas de raíces en la capa inmediatamente superficial, evidenciando que la penetración a capas más profundas es difícil.
3. Cantidad de raíces en pies de arado – en lo más profundo del arado.
4. Evidencia de raíces “atrapadas” entre unidades de suelo firmes, lo que demuestra que son incapaces de penetrarlas y acceder a los nutrientes y agua en su interior.
5. Ausencia de pelos en las raíces, o exceso de raíces primarias fuertes, demostrando la dificultad (y por ende pérdida de vigor) experimentada por las raíces más finas para penetrar en el suelo.

Puntaje (Shepherd, T. G, s. f.):

1. Buena Condición (puntaje = 2): desarrollo irrestricto de las raíces.
2. Condición Moderada (puntaje = 1): cierta limitación horizontal y particularmente vertical del sistema radical.
3. Condición Pobre (puntaje = 0): restricción severa tanto horizontal como vertical; presencia de raíces con forma de “L”; densidad excesiva de raíces en la superficie; o raíces aplastadas entre unidades de tierra.

- Medición del pH del suelo

El procedimiento es el siguiente:

1. Tomar una pequeña muestra de suelo del centro de la capa de interés. Desmenuzarla y colocarla en una baldosa blanca o pedazo de plástico.
2. Agregarle unas gotas de limón en una fracción de suelo se observó efervescencia
3. Deje que los componentes reaccionen por dos minutos.

En este punto de las escalas de medición se toman las muestras de plantas en el campo, para ello, se procedió a la limpieza de la zona donde se tomaron las muestras de plantas y se definió muestrear el 30 % de las áreas bajo cultivo que estaban ubicadas dentro del área experimental, lo que dio como resultado una muestra de 15 plantas por punto.

Las escalas de medición consideraron:

- Altura de la planta, y diámetro del tallo en centímetros (cm).
- Forma de la hoja: deltoide, oval, lanceolada, alargadodeltoide.
- Forma del tallo: cilíndrico, angular, achatado (aplastado).
- Ancho y largo del fruto: centímetros (cm)

En este punto se consideró lo importante de la realización de las mediciones, en las cuales el investigador procede a observar detalladamente el cultivo y el campo y ayuda a ver cosas que de otra manera no se apreciarían, luego es objetiva para poder evaluar, en este caso, el comportamiento de la fertilidad del suelo en estudio.

Entre los procedimientos aplicados, se encuentran: tocar y oler las partes de la planta y sentir su olor y textura, tocar y oler el suelo, probar el agua de riego y un extracto de agua del suelo, usar la vista para reconocer su aspecto, observando detalles a primera vista:

1. El cultivo como un todo, determinado si es uniforme, su olor y distribución del color, el tamaño y la forma.
2. El cultivo desde las plantas individuales y establecer comparaciones entre plantas buenas con plantas en mal estado, al:
 - Oler las raíces, determinando si tienen olores distintos, o agrios.
 - Tocar las hojas, determinando si están blandas o túrgidas, están marchitas, su color y distribución del color, el tamaño y la forma.
3. Evaluar de nuevo lo que se ha visto.

4. Usar la información para identificar el problema.

Para el cumplimiento de este paso se emplearon Hojas de campo para anotar las observaciones cuidadosamente, lo cual ayudará a identificar los principales factores que afectan la fertilidad del suelo y que constituyen limitantes del rendimiento.

- Paso 3. Determinación de las afectaciones al suelo

Los datos obtenidos en los pasos 4 y 5 se procesaron en este sexto paso y desde sus resultados se procedió a registrar los síntomas que indican afectaciones a la fertilidad en el suelo.

Procesamiento estadístico: se empleó el Sistema Automatizado conocido por sus siglas SPSS v.21.0, a través del cual se realizó análisis de frecuencia, y las tablas de contingencia con sus correspondientes gráficos, los cuales facilitaron su empleo para la conformación de la propuesta de solución, que se derivaron de la presente investigación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización de la Finca La Palma Ubicación geográfica

Limita al norte con Finca particular, al sur colinda con Finca particular, al este con la Unidad Empresarial de Base Pecuaria Yaguaramas, al oeste con Finca particular.

Tiene un área total de 3.31 hectáreas, el suelo que predomina es pardo con carbonato. Su centro administrativo se localiza a una distancia de 2 Km de la demarcación Yaguaramas.

En la figura 8, se muestra la finca La Palma



Figura 8. Finca La Palma

- **Análisis de la fuerza laboral**

Esta Finca se subordina administrativamente a la CCS Adolfo Ortíz Fonte y metodológicamente a la Delegación Municipal de la Agricultura, del Ministerio de la Agricultura del municipio Abreus, cuenta con una fuerza laboral compuesta por el productor y 3 trabajadores directos a la producción, uno de estos es mujer, uno es menor de 25 años y el resto tienen entre 45 y 65 años, y un nivel escolar medio.

La fuerza laboral no está calificada adecuadamente; y se reconoce que resulta insuficiente para los objetivos de la finca, por lo que se infiere la necesidad de planificar a través de diferentes vías elevar el nivel de conocimientos de los trabajadores, luego se reconoce que, la Junta Directiva, deberá enfocar acciones hacia la búsqueda de incentivos para a través de la mejora de las condiciones laborales y la facilidad para la superación profesional y técnica.

El análisis de la fuerza laboral realizado como parte de la caracterización demuestra que en sentido general, no se dispone de mano de obra eficiente para enfrentar los cambios que se demandan para desarrollar una gestión agrícola sostenible y sin impactos negativos a los recursos naturales involucrados en la producción agrícola, fundamentalmente, suelo, agua y biodiversidad, lo cual constituye una de las causas fundamentales para la aplicación de prácticas agrícolas que al final se traducen en incrementos agrícolas.

Lo planteado, coincide con los criterios de Hernández et al., (2018); que aseguran que las prácticas de conservación de suelo y agua, en el marco de una producción sostenible, se logra mediante el empleo de diferentes acciones entre las que destacan: rotación de cultivos, cultivos de cobertura y prácticas de labranza conservacionista, todo acompañado de una fuerza laboral calificada y con conocimientos para ejecutar las acciones que se planifiquen.

- Suelos y uso de suelos

De la revisión documental realizada al Registro de Tenentes de Tierra (cierre 2021), se encontró que esta finca cuenta con una superficie total agrícola de 24.31 ha⁻¹; distribuidas según su uso en: Cultivos varios 12.0 ha⁻¹ (49.4 % de la superficie total), Forestal 1.0 ha⁻¹ (4.1 % de la superficie total), sin cultivar 9.31 ha⁻¹ (38.3 % de la superficie total), otros usos 2.0 ha⁻¹(9.2 % de la superficie total), total de 24.31 ha⁻¹ (100%)

Como se aprecia la finca La Palma, muestra un bajo nivel de aprovechamiento de la superficie agrícola ya que el 38.3 % (9.31 ha⁻¹) se encuentra sin cultivar, por falta de fuerza laboral, ya que cada trabajador debe atender como norma entre 0,5- 1.0 ha⁻¹, sin embargo, esta relación se comportó de 1.5 ha⁻¹/ hombre, esto conllevó a que las áreas de cultivo se mantengan sin cubierta vegetal por espacio de tiempo prolongado y con el uso intensivo de la mecanización agrícola para la actividad de preparación de la tierra con la grada, se logra la pulverización del suelo, contribuyendo a la degradación de la estructura, y es una de las causas del cambio de coloración apreciados en diferentes puntos de los campos, manifestación que demostró la presencia de procesos erosivos.

En el recorrido efectuado por sus áreas agrícolas, se evidenció que desarrolla una gestión productiva con poca diversificación en los cultivos establecidos, y en la actividad ganadera, ya que, en el caso de los cultivos, tradicionalmente se siembran: frijol

(*Phaseolus vulgaris* L.), Calabaza (*Cucurbitamoschata*, Duch.), Yuca (*Manihot esculenta* Crantz), tomate (*Solanum lycopersicum*), maíz (*Zea mayz*), y es evidente que, no hacen uso de prácticas agrícolas adecuadas, como: rotación de cultivos, policultivos, entre otras y no se ha previsto trabajar en función de la siembra de otros cultivos donde la finca tradicionalmente tuvo buenos resultados; de igual modo, sucede con la pérdida de la experiencia que tenían en la actividad ganadera en la crianza de conejos y cerdos, cuyas excretas pudieran ser empleadas en la producción de humus de lombriz.

Como se deriva de este análisis, la no aplicación de prácticas agrícolas adecuadas, conjuntamente con procesos naturales generados por el Cambio Climático, como es el caso de la sequía recurrente, ha dado lugar a la presencia de procesos de degradación del suelo como la erosión, lo cual, a su vez, incide de forma desfavorable en la fertilidad del suelo.

De la revisión documental del mapa de suelos a escala 1:25000 derivado del estudio genético de suelos de la provincia de Cienfuegos, se muestra que en la finca La Palma, el tipo de suelo Pardo con Carbonatos, según criterios de la II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (IS, 1989).

Como principales características de este tipo de suelo en el lugar, pueden describirse las siguientes: color pardo oscuro a pardo amarillento en profundidad, textura arcilla ligera. La fertilidad del suelo es calificada baja, al mostrar contenido de materia orgánica bajo (menor de 1,0 %) y se evidenció un aumento del nivel de degradación de suelos provocado por procesos de erosión y compactación, cuyas causas fundamentales están dadas por el empleo de malas prácticas agrícolas y la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos en los últimos 10 años, como es el caso de ciclones tropicales, lluvias intensas asociadas o no a los ciclones tropicales y la sequía recurrente.

A pesar de lo referido anteriormente, se encuentra evaluado con categoría agroproductiva II, lo que permite que se considere como apto para una amplia gama de cultivos, pudiendo alcanzarse buenos resultados agrícolas si se dispone de recursos como sistemas de riego y fertilizantes (minerales y orgánicos); así como, se aplica un manejo de suelos en función de minimizar los factores limitantes antes descritos.

El análisis realizado permitió reconocer que no se tiene en consideración la planificación de acciones para contrarrestar el efecto desfavorable de los factores limitantes del tipo

de suelo Pardo con Carbonatos, predominante en la finca La Palma, estos inciden desfavorablemente en su gestión productiva, razones por las cuales se aprecia la pérdida de su capacidad agrícola y de su fertilidad, lo cual coincide con la opinión que al respecto plantean investigadores como (Hernández, et al., 2015), Machado, et al., (2015), Mojica (2017), Hernández, et al., (2018), Gómez (2018), López (2022), quienes proponen que el manejo de la fertilidad de los suelos, en los sistemas de producción debe apoyarse en alternativas donde se integran las prácticas de conservación del suelo y del agua y la capacitación de productores y decisores en temas relacionados a este manejo, entre otras acciones.

- Clima

En la zona geográfica donde se ubica la Finca La Palma, el clima tiene una marcada influencia marítima. Predominan los vientos Alisios y brisa Terral, soplan con una dirección predominante del Noreste en el otoño e invierno y del este al sudeste en primavera y verano, ellos suavizan las altas temperaturas de la masa de aire tropical que influye sobre la finca.

En cuanto al acumulado de precipitación media en el municipio es de 1 414 mm, de éstos 1 238 mm (80%) caen en el período lluvioso del año (mayo-octubre) y 176 mm caen en el período poco lluvioso (noviembre- abril), siendo junio el mes más lluvioso con un acumulado medio histórico de 281mm y el más seco, diciembre con sólo 22 mm de acumulado.

En el caso particular de la Finca La Palma este comportamiento es similar, lo cual se corrobora con los datos de pluviosidad que se registraron en el período comprendido entre los años 2018 a 2021, en el pluviómetro ubicado en la CCS Adolfo Ortiz Fonte. Nótese como en el 2021 hay un descenso respecto a los años 2019 y 2020, lo cual ha influido negativamente en la fertilidad de los suelos (López, 2022).

Año 2018: 727.1mm de precipitaciones; Año 2019: 1 407 mm de precipitaciones, Año 2020: 1 203.7 mm de precipitaciones, Año 2021: 836.1 mm de precipitaciones.

El comportamiento del clima ha traído por consecuencias se aprecian manifestaciones de pérdida de la capacidad productiva en diferentes áreas de uso agrícola, ya sea por pérdidas de nutrientes por el arrastre de las aguas del arroyo Simona próximo a la finca. Esta problemática demanda de forma urgente el empleo de tecnologías para el manejo de suelo, agua y los cultivos, que se traducen en el empleo de buenas prácticas de

forma integrada en función de mejorar las propiedades y características del suelo de uso agrícola de esta finca, en pos de mejoras en el nivel de fertilidad y capacidad productiva.

En ese sentido, se encontró coincidencia con los reportes de estudios realizados en Cuba por investigadores como: Machado, et al., (2015); Mojica (2017); Hernández, et al., (2018); y Gómez (2018); López (2022), los cuales consideran que el uso de tecnologías para el manejo de suelos, agua y cultivo que contribuyeron a la gestión integrada de la fertilidad del suelo, la que a su vez, tiene como finalidad maximizar la eficacia del uso agronómico de los nutrientes y mejorar la productividad de los cultivos.

- Resultados del intercambio con los decisores y productores

El análisis del resultado de la entrevista a los decisores y productores (informantes internos) centró su atención en las ideas que posibilitaron la determinación del comportamiento en la interacción de la Finca la Palma con la CCS Adolfo Ortíz Fonte, desde el punto de vista de su asesoramiento técnico o de gestión del conocimiento en temas particulares como la fertilidad de suelos y su manejo, causas que provocan su déficit, entre otros.

El resultado mostró deficiencias en la valoración de los conocimientos acerca de la fertilización de los suelos de uso agrícola, la diversificación de la producción en la pérdida de la fertilidad del suelo; el manejo del agroecosistema en la pérdida de la fertilidad del suelo, la aplicación de acciones de innovación científica como prácticas de manejo agrícola de los cultivos y/o recursos naturales (suelo y agua), las experiencias acerca del manejo de la fertilidad del suelo y su influencia en los rendimientos agrícolas de los cultivos, y los conocimientos en la identificación y uso de los recursos propios existentes, que pueden ser aprovechables, en la mejora de la fertilidad del suelo; y la aplicación de residuos de cosecha como una vía factible en la mejora de la fertilidad del suelo, al utilizarlos como abono verde, conocimientos acerca del uso de la lombricultura y el compost.

Los resultados que se procesaron estadísticamente fueron representados en tablas de frecuencia y contingencia, las cuales se muestran en el anexo 1, determinándose que en las ideas los productores y los decisores sobresalen las respuestas que indican regular y mal.

Los resultados de la entrevista mostraron puntos divergentes, pues no tuvieron coincidencia en las ideas e indistintamente reconocen la presencia de recursos propios de los suelos de uso agrícola, y lo necesario del uso de la lombricultura y el compost, La discusión de los resultados corroboró que investigadores nacionales coinciden al valorar la necesidad de proyectar acciones que permitan suplir el déficit de conocimiento respecto a la fertilidad de los suelos: Mojica (2017); Hernández, et al., (2018); Gómez (2018); Maura, & Febles (2018); López (2022), quienes se pronuncian hacia el empleo de alternativas que suplan dicho déficit y favorezcan el aprovechamiento de las condiciones físicas del suelo, a partir del aprovechamiento de soluciones que impliquen sus propios recursos, desde las cuales se gestione el conocimiento a esos fines.

La discusión de los resultados consideró las ideas presentadas por otros autores: Álvarez & Gutiérrez (2016); Torres, et al., (2017); Mojica (2017); Hernández et al., (2018); López (2022), quienes valoran la necesidad de atender el nivel de conocimientos sobre la fertilidad de los suelos de uso agrícola, y de los recursos propios de estos, al exponer lo importante que resulta tener conocimientos que permitan aprovechar los residuos de cosecha en la mejora de la fertilidad del suelo, y el aprovechamiento de abonos verde, la lombricultura y el compost, enfatizando en las bondades de estas alternativas.

3.2. Resultados del trabajo de campo

A continuación, se presentan los resultados del trabajo de campo, con la ubicación del transecto, la realización de las observaciones y el registro de las mismas.

Los resultados muestran que la cobertura del suelo tiene afectaciones, lo cual se corroboró en los datos que indican el análisis de las características morfológicas del suelo en la finca La Palma, entre estas:

- El color, que indica propiedades importantes de dicho suelo, presentándose, generalmente de aspecto opaco, lo cual demuestra una aeración reducida y una tendencia a un estado de poca oxigenación y anegamiento, y refleja que el estado de la materia orgánica del suelo, es de contenido escaso, pues, en general cuanto más oscuro es el suelo, mayor es la cantidad de materia orgánica en su contenido.
- Estructura del suelo, permitió determinar que tiene una pobre condición, pues el puntaje alude a un pie de arado desarrollado en la parte baja de la superficie (o parte

superior del subsuelo) con una estructura masiva de consistencia firme a extremadamente firme y pocas o ninguna rajadura o poro.

- En tanto se corresponde con la distribución en tamaño de los agregados, pues el suelo está compuesto en su mayoría por terrones muy grandes y firmes, con muy pocos agregados pequeños y en ello se observó que el suelo es degradado y tiende a tener unidades más gruesas que los suelos con buena estructura. Luego, esta propiedad es muy importante para la fertilidad del suelo, mostrándose que el nivel de conocimientos que se tiene por los productores y decisores es pobre en relación con el restablecimiento de la fertilidad.
- La textura del suelo, se presenta una arcilla ligera, lo cual influye en su fertilidad. La cuantificación de la población de lombrices mostró que es poca o escasa y que existe poca materia orgánica en el suelo, luego la aeración está afectada, fundamentalmente en los poros interconectados, y en la infiltración del agua y reducción del encostramiento, y al no existir la compactación, no hay existencia de comida abundante para otras especies que viven en el suelo y dependen del mismo, mejorando con su presencia las condiciones del suelo.
- En la cuantificación de raíces, se mostró, que hay una condición pobre al evidenciarse una restricción severa tanto horizontal como vertical; en la presencia de raíces con forma de “L”; y una densidad excesiva de raíces en la superficie; o raíces aplastadas entre unidades de tierra, afectándose la fertilidad del suelo.
- La medición del pH del suelo, mostró que al añadirle unas gotas de limón se observó efervescencia, luego se denota que en este tipo de suelo puede existir la presencia de carbonatos fundamentalmente de calcio desde los horizontes superficiales, por lo que el pH pudiera mostrar valores que califiquen en los rangos desde ligeramente alcalino a alcalino, por lo que se recomienda la necesidad de realizar análisis de suelo para realizar la toma de decisiones respecto a su uso y manejo agrícola.

A continuación, se muestran evidencias que ilustran el proceso de investigación desarrollado en esa dirección:

Imagen 1. Tipo de suelo predominante en la finca La Palma.

Imagen 2. Propiedades químicas, pH: añadiendo gotas de limón en una fracción de suelo se observó efervescencia.

Imagen 3. Materia orgánica: observando el cambio de coloración entre los horizontes o capas del perfil de suelo.

Imagen 4. Estructura: se observó en la calicata realizada que se muestra una estructura granular

Imagen 5. Color (en seco): el suelo mostró un color Pardo oscuro en la superficie que cambia a Pardo amarillento y amarillo en profundidad.



Imagen 1.



Imagen 2.



Imagen 3.



Imagen 4.



Imagen 5.

Así se determinaron los registros de las manifestaciones que indican pobre fertilidad del suelo y en las plantas observadas, los cuales se consideran como elementos que afectan la fertilidad del suelo en la Finca La Palma:

- Hojas de las plantas con estrés, que se sienten calientes, o marchitas y ásperas al tacto, y suelo grueso.
- Suelos inundados que se identifican por el olor a agrio y en algunos cultivos hay presencia de carbón, lo cual se infiere por el olor a pescado descompuesto, y presentan gusto a sal.
- En su aspecto el cultivo no se muestra uniforme, y el color y distribución del color es variado, predominando zonas con colores muy pálidos, y se manifiesta por debajo de la altura y la densidad que debía tener, y hay zonas que es muy bajo, y con tallos delgados.
- Al comparar las plantas buenas con las plantas en mal estado, predominan estas últimas, y el color y la distribución del color no es uniforme

Otros elementos registrados indican afectaciones a la fertilidad del suelo en la Finca La Palma, identificándose el uso no adecuado de diferentes tecnologías para el manejo de los suelos, empleándose en todos los cultivos el riego por aniego:

- Cultivo maíz; es muy pobre la aplicación del FitoMas que permite superar las afectaciones por déficit de nutrientes y se no se aprovechan en el campo los restos de cosechas.
- No hay un área para el desarrollo de la lombricultura para la producción de humus, el compost, o la aplicación de otros biofertilizantes de los que se producen a nivel territorial.
- Cultivo frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resultan insuficientes los aporques para garantizar que el campo cierre limpio de malezas, y en lugar de ello, aplican herbicidas y otros plaguicidas químicos en dependencia del agente patógeno.
- Cultivo Calabaza (*Cucurbitamoschata*, Duch.) En la primera etapa de desarrollo se realizan una limpia con guataca en el hilo y aplican herbicidas que pueden ser pre o post emergente dependiendo del tipo de maleza, y otros plaguicidas químicos en dependencia del insecto o agente patógeno.
- Cultivo yuca (*Manihote sculenta* Crantz). Monitoreo y deshierbe cada 15 días hasta que la plantación lo permita, la fertilización con químicos para el control de la primavera de la yuca.
- Cultivo tomate (*Solanum lycopersicum*). Se realizan de uno a tres aporques para garantizar que el campo cierre limpio de malezas, el control de plagas es integrado (químico y biológico).

En el registro se identificaron además afectaciones por las limitaciones para el trabajo agrícola, constatándose desde el punto de vista organizativo que: los insumos no se asignan oportunamente por parte de la CCS, el sistema de pago no satisface las necesidades de los trabajadores; y técnicamente el personal no tiene la calificación adecuada para la aplicación de las tecnologías agrícolas, resultando una limitación ante el avance acelerado científico-técnico.

Las atenciones culturales no se realizan con la mejor calidad por insuficiencia de personal calificado y de tecnologías; además tienen déficit de implementos y equipos de trabajo, no cuentan con sistema de riego.

Luego, de este apartado se derivan conclusiones parciales que indican las afectaciones que presenta la fertilidad del suelo en uso agrícola en la Finca La Palma:

- La calidad del suelo o sustrato, es mala por la baja cantidad de materia orgánica, influyendo en el bajo rendimiento de los cultivos.

- Las atenciones culturales al suelo, no son adecuadas por fallos en la gestión del conocimiento para poner en práctica tecnologías y procesos que mitiguen los efectos negativos en su fertilidad.
- El drenaje, es otro factor limitante, pues las áreas tienen problemas con las nivelaciones del suelo y provocan la formación de charcos donde el cultivo desaparece en primavera y también se presenta inundación frecuente por la cercanía.
- La calificación y número de la fuerza de trabajo no está en correspondencia con los adelantos científicos técnicos.

Luego, se procedió al reconocimiento de la presencia de los recursos propios del suelo que pueden contribuir al restablecimiento de la fertilidad del suelo en la Finca La Palma de la CCS Adolfo Ortíz Fonte; entre estos recursos propios se encuentran: las sustancias de desechos de animales y residuos vegetales, así como los propios cuerpos de estos al morir.

Para la salida al objetivo general de la investigación se procedió a la elaboración de una propuesta de alternativa fundamentada en el aprovechamiento de los recursos propios del suelo, en pos de contribuir al restablecimiento de la fertilidad del suelo en la Finca La Palma.

3.3. Propuesta de alternativa

El análisis de la información y los datos obtenidos permitieron al investigador el diseño y elaboración de la Propuesta de alternativa en pos del establecimiento para la fertilidad del suelo de uso agrícola, a partir de considerar y de acuerdo con López (2022), el aprovechamiento de los recursos propios en la Finca La Palma, y en ello, se consideró la siguiente estructura: objetivo, análisis de antecedentes, justificación, direcciones con sugerencias para el desarrollo de cada alternativa.

Análisis de los antecedentes

El análisis de los antecedentes consideró el estudio de investigaciones en el contexto cienfueguero, de aproximadamente los últimos 10 años y fueron seleccionados los siguientes trabajos:

- 2015. Evaluación de manejo conservacionista en suelo Pardo Grisáceo.

Trabajo presentado por los autores: Hernández, Bernal, Muñoz, & González (2015), en el cual plantean como contribuir a la preservación del recurso suelo en áreas agrícolas

afectadas por la erosión que son dedicadas a cultivos varios, integrando medidas de conservación y mejoramiento en un suelo Pardo Grisáceo de la Finca Sarduy perteneciente a la cooperativa Tabloncito del municipio Cumanayagua, a partir de una tecnología que integró labranza mínima, rotación de cultivos, barreras vivas y/o muertas, canales, terrazas, siembra en contornos, la adición de materiales orgánicos y biofertilizantes.

- 2015. Manejo Sostenible de Tierras: evaluación de los procesos degradativos de la Unidad Básica de Producción Cooperativa La Josefa.

Estudio presentado por los autores: Machado, Rajadel, & Ponce (2015), en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) La Josefa, con el objetivo de evaluar los indicadores para el Manejo Sostenible de Tierra (MST), realizándose un diagnóstico del área, que permitió la identificación de procesos de degradación y se elaboró la línea base para conformar el Plan de Manejo Sostenible para el período de 2014 al 2017, que contiene medidas y necesidades para solucionar los problemas de degradación identificados en la unidad objeto de estudio.

- 2018. Prácticas de conservación de suelos en la Finca Eliecer del municipio Cumanayagua, Cuba.

Estudio presentado por los autores: Hernández, Bernal, Ojeda, & Vega (2018), quienes en el periodo 2016 – 2017 diagnosticaron la situación en la degradación del suelo en la finca Eliecer, proponiendo un plan de manejo del área con énfasis en la conservación y mejoramiento del suelo para la siembra de cultivos varios.

- 2018. Índice de calidad del suelo en la Empresa Pecuaria El Tablón. Cienfuegos. Estudio presentado por los autores: Ojeda, Machado, Bernal, & Hernández (2018), quienes presentan, un análisis de la fertilidad del suelo en las principales empresas ganaderas de Cuba, mostrando que el 25 % de la superficie agrícola de la Empresa Pecuaria El Tablón estaba afectada; validándose el software Sistema Cuantitativo de Evaluación y Monitoreo de la Calidad del Suelo (SEMCAS), que analiza de forma integrada indicadores físicos, químicos y biológicos.

- 2020. Alternativas de mejoras de fertilidad de suelos en la Cooperativa de Producción Agropecuaria Mártires de Barbados aprovechando recursos propios. Estudio presentado por los autores: Rodríguez, & Rajadel (2020), en la Cooperativa de Producción Agropecuaria Mártires de Barbados, del municipio Cienfuegos, en el periodo

abril 2018 – junio 2020, cuyo objetivo fue proponer alternativas de mejora para la fertilidad de los suelos de uso agrícola, mediante el aprovechamiento de los recursos propios existentes.

Estos trabajos muestran diferentes variantes para la atención a los suelos, y en ello se constató la propuesta de medidas de conservación y mejoramiento en un suelo Pardo Grisáceo; la identificación de procesos de degradación que facilitación la conformación de un Plan de Manejo Sostenible en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) La Josefa, y otro en la finca Eliecer, para la conservación y mejoramiento del suelo para la siembra de cultivos varios; además se encontró una variante que emplea la tecnología para evaluar el índice de calidad del suelo en la Empresa Pecuaria El Tablón.

El análisis realizado posibilitó considerar que estos estudios se direccionan fundamentalmente a la atención de los aspectos biológicos, físicos y químicos del suelo, y en ningún caso se presentan alternativas que tomen a punto de partida la gestión del conocimiento, desde la cual se lograría la formación de capacidades para mitigar los efectos negativos en la fertilidad del suelo, aprovechándose sus recurso propios (López, 2022), razones que permiten la presentación de la justificación de la alternativa.

Justificación

El suelo es uno de los principales recursos que brinda la naturaleza. La formación de los suelos depende de un largo y complejo proceso continental, es lentamente renovable cuando se genera de manera permanente a través de procesos naturales y por el manejo adecuado que los grupos humanos hacen del mismo; es no renovable cuando en un espacio de terreno, el promedio de erosión superficial supera su tasa de generación, es decir cuando es más rápida la destrucción que la renovación (Machado, Rajadel, & Ponce, 2015).

Las diferentes actividades que los grupos humanos realizan en los espacios geográficos traen como consecuencia el rápido deterioro del suelo y de sus características básicas. En las últimas décadas, cerca de la tercera parte de la tierra que se cultiva en el mundo se ha erosionado a una tasa más rápida que la de su propia formación; en muchos países más de la mitad de los suelos han sido afectados por la erosión a diferentes niveles. (Ojeda, Machado, Bernal, & Hernández, 2018).

La fertilidad del suelo es la capacidad que tiene el terreno para sustentar el crecimiento de las plantas y optimizar el rendimiento de los cultivos, lo cual puede potenciarse por medio de fertilizantes orgánicos e inorgánicos que nutran el suelo. Las técnicas nucleares proporcionan datos útiles que mejoran la fertilidad del suelo y la producción de cultivos, al tiempo que reducen al mínimo el impacto medioambiental. Machado, (Rodríguez, & Rajadel, 2020).

López (2022), asume que promover la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental de los sistemas agrícolas requiere adoptar un enfoque integrado en la gestión de la fertilidad del suelo, que potencie al máximo la producción de cultivos y reduzca al mínimo la extracción de las reservas de nutrientes del suelo y la degradación de las propiedades físicas y químicas de este, lo que puede desembocar en la degradación de la tierra, incluida la erosión del suelo.

Expone, además que esas prácticas de gestión de la fertilidad del suelo incluyen, entre otras cosas, el uso de abonos e insumos orgánicos, la aplicación de técnicas de rotación de cultivos con leguminosas y el empleo de germoplasma mejorado, así como saber cómo adaptar esas prácticas a las condiciones locales, apoyando, de ese modo, la intensificación de la producción de cultivos y la preservación de los recursos naturales.

Rodríguez, & Rajadel (2020), López (2022), apuntan que, para una gestión eficaz de la fertilidad del suelo, es necesario una gestión integrada que tiene como finalidad maximizar la eficacia del uso agronómico de los nutrientes y mejorar la productividad de los cultivos. Ese objetivo puede alcanzarse mediante el uso de varias alternativas, que contribuyen a la mejora de la fertilidad del suelo, aprovechando los recursos propios de este.

Machado, Rajadel, & Ponce (2015), Ojeda, Machado, Bernal, & Hernández (2018), Rodríguez, & Rajadel (2020), López (2022), coinciden en reconocer que la fertilidad del suelo puede potenciarse incorporando cultivos de protección que agreguen materia orgánica al suelo, lo que mejora su estructura y promueve un suelo sano y fértil; utilizando abono verde o cultivando plantas que permitan fijar el nitrógeno del aire a través del proceso de fijación biológica de nitrógeno; aplicando microdosis de fertilizante para reponer las pérdidas que se producen mediante la absorción de las plantas y otros procesos; y reduciendo al mínimo las pérdidas provocadas por la lixiviación por debajo

de la zona de raíces de los cultivos, mediante la administración avanzada de agua y nutrientes.

Así, entender la situación actual que presentan los suelos en Cuba, en cuanto a su fertilidad, resulta fundamental para promover un renglón tan importante como es el de la agricultura, en el caso, municipio de Abreus resulta vital, pues la economía descansa en las formas productivas, e incluye a la Finca La Palma, que pertenece a la CCS Adolfo Ortíz Fonte.

En la investigación realizada se han identificado diversos factores que afectan la fertilidad de los suelos; coincidiendo con el estudio que realizó López (2022), entre estos se encuentran: el clima, pues el incremento de la temperatura provocado por los gases de efecto invernadero puede cambiar la biología del suelo, problemática que indica y destaca la necesidad de trabajar desde ahora por evitar la degradación de los suelos, buscando estrategias para conservar la fertilidad e incrementar la producción agrícola, así como encontrar mecanismos y estrategias para combatir y adaptarse al cambio climático.

De forma general, los suelos son reconocidos en Cuba como primer recurso en la Estrategia Nacional Ambiental, que además los ve como el más débil; ello tiene su base en el estado de fertilidad de los mismos, pues, actualmente, el 71,23 % de la superficie agrícola del país está afectada por la erosión, y de esa cifra un 43 % se califica de fuerte a media, situación que influye en la calidad del suelo.

Durante el recién concluido Congreso Internacional de Suelos (2018), se destacó que, en Cuba, el 70 % de los suelos está afectado por un factor limitante; entiéndase estos factores como: erosión (de fuerte a media), mal drenaje, baja fertilidad, bajo contenido de materia orgánica, baja retención de humedad, compactación, salinidad y sodicidad, pedregosidad, todo lo que influye en los más de cuatro millones de hectáreas degradadas.

También incide el acumulado de sales que dañan las propiedades del suelo y el desarrollo de los cultivos, esto perjudica un 15 % de las áreas, aproximadamente cerca de un millón de hectáreas. En ello, se plantea que la situación actual de los suelos en Cuba, muestra cifras de suelos muy productivos: 5,4 %; productivos: 17,8 %; poco productivos: 30,8 % y muy poco productivos: 46 %.

Ante esta situación, Cuba implementó el Programa de Producción de Abonos Orgánicos y Biofertilizantes; y el Programa Nacional de Conservación y Mejoramiento de los Suelos, del Ministerio de la Agricultura, que tiene entre sus principales prioridades combatir la erosión, la acidez, alcalinidad, la salinidad y baja fertilidad que los afectan, además de incrementar el nivel de recursos y elevar así los mecanismos que aporten a la protección del suelo y su fertilidad.

Entonces, se hace necesario aplicar alternativas locales y a nivel de las bases productivas, surgidas de procesos de investigación que permitan mitigar los efectos de este fenómeno presente en la agricultura cubana.

De acuerdo con esa idea, se pueden aplicar mejoras sustentadas en el uso de la materia orgánica, como un recurso valioso que lleva a cabo funciones esenciales para el medio ambiente y la economía, siendo este elemento, determinante para la fertilidad de los suelos, pues contribuye a fijar los nutrientes y garantiza que las plantas los puedan utilizar, además, es donde radican los organismos del suelo que descomponen los residuos vegetales y los convierten en nutrientes, materia de donde se alimentan las plantas.

La materia orgánica mantiene la estructura del suelo, con la cual se favorece la infiltración del agua, disminuye la evaporación e incrementa la capacidad de retención del líquido, entre otras funciones.

Como otros desafíos vinculados a la conservación y el mejoramiento de los suelos, en Cuba se continua impulsando el trabajo en el Programa, con el fin de fortalecer las políticas de conservación de suelo, así como dar seguimiento al monitoreo de los indicadores de las propiedades de las tierras; además de promover los principios de la agricultura de conservación (perturbación mínima del suelo, cobertura permanente, rotación de cultivos) e integrar este trabajo a la Estrategia Ambiental Nacional.

Otra alternativa reconocida es la integración de resultados y la cooperación con otras disciplinas tales como Agronomía, Fisiología de las plantas, Climatología, Hidrología, Ciencias Médicas, Economía y Sociología, todo con el fin de preservar los recursos naturales y aprovechar sus potencialidades mediante la gestión del conocimiento para favorecer la fertilidad de los suelos.

Hoy en la Finca La Palma, se requiere de aunar todos los esfuerzos posibles, para mitigar los efectos de la baja fertilidad, que en estos momentos se constituye como una

problemática a resolver; y entre esos esfuerzos está la propuesta de una Alternativa que se fundamenta en la idea del aprovechamiento de los recursos propios del suelo.

- **Objetivo de la Alternativa**

Ofertar una propuesta que toma como punto de partida una línea meta, la cual permite la articulación entre los ejes que integran la Alternativa, de modo tal que se pueda mitigar los efectos de la baja fertilidad del suelo, a partir de la utilización de sus recursos propios, en la Finca La Palma.

- Línea meta: es la condición que permite la articulación entre los ejes que integran la Alternativa para la utilización de sus recursos propios del suelo, en la Finca La Palma.
- Ejes que integran la Alternativa
 - I. Formación de capacidades: creación y devolución de conocimientos
 - II. Vinculación teoría práctica: gobernanza responsable de la tierra
 - III. Prácticas de economía circular
 - IV. Reciclaje: uso de energía renovable, agua, semillas, prácticas orgánicas

Sugerencias de Temas a desarrollar en la formación de capacidades

- Objetivo: Articular los ejes que integran la Alternativa para la utilización de los recursos propios del suelo, en pos de elevar los resultados en la Finca La Palma.

Tema 1. ¿Cómo se maneja la fertilidad del suelo? Generalidades.

Sinopsis

Este tema se sugiere en una sesión de trabajo que abarque aproximadamente 4 horas de capacitación, y debe de asegurarse los recursos humanos que impartirán el tema y los medios para su aplicación. Se sugiere aplicar técnicas participativas que permitan la evaluación y el control de la gestión del conocimiento de los participantes.

Se deberá enfatizar en algunos nutrientes químicos en el suelo, que son estables (fósforo) mientras que otros se pierden o se consumen muy fácilmente (nitrógeno). Un agricultor necesita hacer una aplicación básica y suficiente de nutrientes para empezar su huerto, y luego mantener una aplicación regular de los mismos mientras el cultivo crece. Un suelo pobre, puede llegar a ser productivo si está bien manejado.

El abono y el compost son necesarios para mejorar la estructura del suelo (los fertilizantes químicos son necesarios para una mayor producción). El método común es cavar un hoyo para producir y mezclar el compost, la materia orgánica, el abono y

utilizarlos en el suelo, justo antes de plantar los cultivos. Esta es la aplicación básica. Después de plantar, aplique pequeñas cantidades de abono alrededor de la planta y añádalo aproximadamente cada dos semanas hasta cuando se produzca la cosecha.

Tema 2. ¿Cómo se maneja la fertilidad del suelo? El Compost.

Sinopsis

Este tema se sugiere en una sesión de trabajo que abarque aproximadamente 4 horas de capacitación, y debe asegurarse los recursos humanos que impartirán el tema y los medios para su aplicación.

Deberá enfatizarse en el compost y la forma de preparación, que es muy fácil prepararlo y no cuesta nada, solo requiere de atención, tiempo, espacio y acceso a los desechos de los animales o de la cocina, así como hojas y pasto cortado. El compost si se lo hace en un hueco común los nutrientes se pierden en el suelo debajo del hueco. Por esta circunstancia es mejor hacerlo formando un montón, en capas y añadirle los restos de cocina cada día, siendo indispensable remover el montón cada mes, con el fin de ayudarle a que se prepare mejor, esta toma tres o cuatro meses para presentarse oscuro y listo para su utilización, luego, se coloca el montón en un sitio donde usted puede rodearlo con ladrillos o con plantas grandes.

Ejemplo de un compost en montón



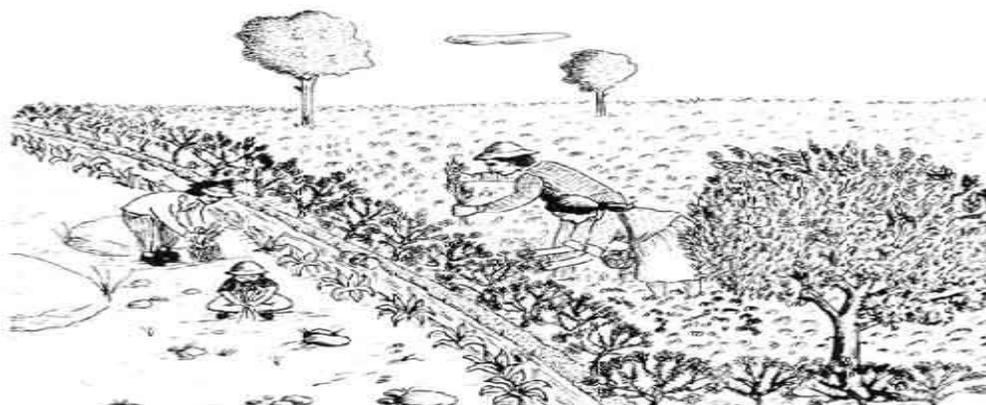
Tema 3. ¿Cómo se maneja la fertilidad del suelo? Fertilizantes

Sinopsis

Este tema se sugiere en una sesión de trabajo que abarque aproximadamente 4 horas de capacitación, y debe de asegurarse los recursos humanos que impartirán el tema y los medios para su aplicación.

Deberá enfatizarse en los fertilizantes, como la forma más rápida para colocar los elementos nutritivos dentro del suelo es usar los químicos o fertilizantes que contengan uno o más de los tres nutrientes químicos que necesitan las plantas (ver cuadro 2). Los fertilizantes pueden eliminarse muy rápidamente, por lo que es necesario que no se apliquen demasiado pronto antes de la plantación. Los fertilizantes son costosos y se encuentran en forma muy concentrada en el comercio. Nunca ponga un fertilizante en el hueco muy cercano a la planta porque esto puede quemar las raíces. Es mejor dispersar el fertilizante y mezclarlo ligeramente en la superficie del suelo.

Uso de cercas



Tema 4. ¿Cómo se maneja la fertilidad del suelo? Abono verde y compost para cultivos
Sinopsis

Este tema se sugiere en una sesión de trabajo que abarque aproximadamente 4 horas de capacitación, y debe de asegurarse los recursos humanos que impartirán el tema y los medios para su aplicación.

Deberá enfatizarse en el uso de abono verde y compost para cultivos, como otra vía para alimentar el suelo, especialmente las legumbres, las cuales colectan y retienen nitrógeno. Los árboles de vaina, pueden crecer junto a los cultivos alimentarios y sus ramas, ocasionalmente podadas, quedarse en el suelo como abono. Plantas leguminosas más bajas pueden ser plantadas junto a un cultivo alimentario para mejorar el suelo y mantener alejadas a las plagas.

Tema 5. ¿Cómo se maneja la fertilidad del suelo? Las relaciones biodiversidad-
funcionamiento del ecosistema

Sinopsis

Este tema se sugiere en una sesión de trabajo que abarque aproximadamente 4 horas de capacitación, y debe asegurarse los recursos humanos que impartirán el tema y los medios para su aplicación.

Deberá enfatizarse en las relaciones biodiversidad-funcionamiento del ecosistema, como uno de los principales temas de investigación ecológica en la última década (Tilman 2001, Loreau et al. 2002, Hooper et al. 2005). No obstante, existe un gran desconocimiento en lo que se refiere a las relaciones entre biodiversidad y funcionamiento del ecosistema en los suelos, pese a que estos albergan posiblemente la mayor biodiversidad del planeta (Fitter et al. 2005).

II.

Llegado a este punto del informe se consideró la presentación de las conclusiones y recomendaciones.

CONCLUSIONES

- La caracterización de la finca La Palma, permitió la identificación de los factores limitantes para el uso agrícola del suelo y las deficiencias tanto en la composición, cantidad y nivel de conocimientos de la fuerza laboral, que constituyen barreras a resolver para el restablecimiento de la fertilidad del suelo.
- El diagnóstico realizado durante la investigación permitió la identificación de las potencialidades de los recursos propios del suelo, sin embargo, la principal debilidad está dada en el nivel de desconocimiento existente en los productores, lo cual ha limitado su aprovechamiento en el restablecimiento de la fertilidad del suelo en la finca La Palma.
- Se elaboró a partir de los problemas identificados una propuesta de Alternativa, en pos de la solución del problema planteado

RECOMENDACIONES

- La realización de un análisis de los resultados de la investigación en una sesión de trabajo de la Junta Directiva de la CCS Adolfo Ortíz Fonte.
- La participación del CUM en el proceso de implementación de la propuesta de alternativa y su validación práctica, al considerarse la generalización de este resultado, en beneficio de la producción de alimentos.
- Socialización de los resultados de la investigación en eventos y publicaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, C. R., & Gutiérrez, F., (2016); Fósforo. En *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos* (pp. 86-93). Universidad de Buenos Aires. https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf
- Álvarez, C. R., & Rimski-Korsakov, H., (2016); Producción orgánica en Argentina. Legislación y principios del manejo de la fertilidad de suelos en producciones orgánicas. En *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos* (pp. 5-14). Universidad de Buenos Aires. https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf
- Bamforth, S. S., (2004); Water film fauna of microbiotic crust of a warm desert. *Journal of Arid Environments*, 56, 413-423.
- Bermejo, R., (2014); *Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis*. HEGOA.
- Blacutt, M., (2013); *El desarrollo local complementario*. Andalucía: Fundación Universitaria Andaluza.
- Bloesch, J., et al., (2015); Sustainable Development Integrated in the Concept of Resilience. *Problems of sustainable development*, 10(1), 7-14.
- Boisier, S., (2007); América Latina en un medio siglo (1950/2000): el desarrollo, ¿dónde estuvo? *Observatorio iberoamericano del Desarrollo local y la economía social*, <http://www.eumed.net/rev/oidles/01/Boisier-01.pdf>
- Bowker, M., (2007); Biological soil crust rehabilitation in theory and practice: An underexploited opportunity. *Restoration Ecology*, 15(1), 13-23.
- Bowker, M. A., Maestre, F. T., & Escolar, C., (2010); Biological crusts as a model system for examining the biodiversity-ecosystem function relationship in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 405-417.
- Büdel, B. T., Darienko, K., Deutschewitz, S., Dojani, T., Friedl, K. I., Mohr, M., Weber. (2009); Southern African biological soil crusts are ubiquitous and highly diverse in drylands, being restricted by rainfall frequency. *Soil Microbiol*, 57(229–247).
- Cabrera, E., Otero, A., Gálvez V., Márquez, E., & Morejón, Y., (2007); Introducción de tecnologías sostenibles de manejo y uso de suelo, agua y sanidad vegetal, en la

- cooperativa Rigoberto Fuentes de San Juan y Martínez en la provincia de Pinar del Río. *Revista Avances*, 9(3).
- Caffaro, M. M., (2016); Productos biológicos. En *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos* (pp. 139-154). Universidad de Buenos Aires. https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf
- Castillo-Monroy, A. P., & Maestre, F. T., (2011); Biological soil crusts: Recent advances in our knowledge of their structure and ecological function. *Revista chilena de historia natural*, 84(1), 1-21.
- Correa, M., (2008); Microorganismos eficaces.
- Cortina, J., Martín, N., Maestre, F. T., & Bautista, S., (2010); Disturbance of the biological soil crusts and performance of *Stipa tenacissima* in a semi-arid Mediterranean steppe. *Plant and Soil*, 334, 311-322.
- Daly, M. J., & Stewart, D. P. C., (1999). Influence of effective microorganisms (EM) on vegetable production and carbon mineralization- A preliminary investigation. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14(15).
- Delgado-Baquerizo, M., Castillo-Monroy, A. P., Maestre, F. T., & Gallardo, A. (2010); Plants and biological soil crusts modulate the dominance of N forms in a semi-arid grassland. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 376-378.
- Díaz, G. S., Ruiz, M., & Cabrera, J. A., (2009); Modificaciones a las propiedades físicas del suelo por la acción de diferentes prácticas productivas para cultivar arroz (*Oryza sativa* L.); *Cultivos Tropicales*, 30(3), 40-46.
- Du, Z. H., Li, & Gu, A., (2007); state of the art review on microbial fuel cells: A promising technology for wastewater treatment and bioenergy. *Biotechnology Advances*, 25(5), 464-482.
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, A. (2008); Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6, 27–36.
- Fernández, P. L., & Álvarez, C. R., (2016); Manejo de los nutrientes en planteos de producción orgánica. En *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos* (pp. 155-166). Universidad de Buenos Aires. https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf

- Gómez, L., (2018); Suelos en Cuba, cuestión de hoy para el mañana. *Periódico Granma*, p. 8.
- Gutiérrez-Castorena, M., Torres-Guerrero, C. A., Ortiz-Solorio, C. A., & Gutiérrez-Castorena, E. V., (2016); Manejo agronómico de los Vertisoles en México: una revisión Agricultural management of Vertisols in Mexico. *Terra Latinoamericana*, 34, 457-466.
- Hawkes, C. V., (2003); *Microorganismos del suelo, plantas en peligro de extinción y la conservación del Matorral de Florida*. Ecosistemas.
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., & Castro, N., (2015); *Clasificación de los Suelos de Cuba*. INCA. http://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/clasificacionsueloscuba_%202015.pdf
- Hernández, C., León, G., & Peña, F *Erosión hídrica en la región Escambray. Efecto del establecimiento de medidas*,(2002), *para su control*. Presentado en VII Seminario Científico – Técnico en saludo al XXX Aniversario de la Estación Experimental de suelos, Cienfuegos, Cuba.
- Hernández, E., Bernal, C., Carrazana, Y., Ojeda-Quintana, L. J., & Vega., M. (2018); Prácticas de conservación de suelos en la Finca Eliecer del municipio Cumanayagua. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(2), 112-120.
- López Fraga, M. (2022). El restablecimiento de la fertilidad del suelo en la Finca Aromal: una propuesta de alternativa, en el municipio Abreus. Trabajo de diploma. universidad Cienfuegos.
- Machado D. M., Gervasio, M. E., Fernandes, A., Ribeiro, C. E. G., & Menezes. (2015); Fauna edáfica na dinâmica sucessional da Mata Atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do Rio Paraíba do Sul-RJ. *Ciência Florestal*, 25(1), 91-106.
- Machado-Guevara, A. O., Rajadel-Acosta, O. N., & Ponce Rancel, L., (2015); Manejo Sostenible de Tierras: evaluación de los procesos degradativos de la Unidad Básica de Producción Cooperativa La Josefa. *Revista Científica Agroecosistemas*, 3(2). <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/1>
- Maestre, F. T., Bowker, M. A., Cantón, Y, Castillo-Monroy, A. P., Cortina, J., Escolar, C., ... Martínez, I., (2011); Ecology and functional roles of biological soil crusts in semi-arid ecosystems of Spain. *Journal of Arid Environments*, 75, 1282-1291.

- Maestre, F. T., Escolar, C., Martínez, I., & Escudero, A., (2008); Are soil lichen communities structured by biotic interactions? A null model analysis. *Journal of Vegetation Science*, 19, 261-263.
- Mendoza-Aguilar, D. O., Cortina, J., & Pando-Moreno, M., (2014); Biological soil crust influence on germination and rooting of two key species in a *Stipa tenacissima* steppe. *Plant Soil*, 375, 267–274.
- Milledge, J. J., (2011); Commercial application of microalgae other than as biofuels: a brief review. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol*, 10, 31-41.
- Mohammadi, K., & Sohrabi, Y., (2012); Bacterial Biofertilizers for Sustainable Crop Production. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 7(5), 307–316.
- Mojica, H., (2017); *Modelo y procedimiento para la gestión estratégica integrada de los recursos naturales en territorios áridos con orientación agroproductiva* (Tesis doctoral). Universidad Central “Marta Abreu de Las Villas”.
- Mojica-Zárate, H. T., & Bolaño-Rodríguez, Y., (2019); Valoración estratégica integrada del uso sostenible del suelo en Sonora. *Universidad y Sociedad*, 11(4), 20-28.
- Ojeda- Quintana, L., Oropesa, A. D., Castañeda, I., Eupierre, H., & Chirino, V., (2007); Geomorfología, propiedades físicas y principales componentes de la fertilidad del suelo en un bosque semideciduomesófilo natural y en zonas de colecciones de plantas del Jardín Botánico de Cienfuegos. *Centro Agrícola*, 34(3), 21-27.
- Ordaz, A., Cabrera, E., & Del Castillo, I., (2014); Tecnologías de manejo sostenible de suelos introducidas en el polígono. *Avances*, 391-401.
- Sainz-Rozas, H., Echeverría, H. E., & Angelini, H. P., (2011); Niveles de carbono orgánico y pH en suelos agrícolas de las regiones pampeana y extrapampeana argentina. *Ciencia del suelo*, 29(1), 29-37.
- Sánchez, S., Hernández, M., & Ruz, F., (2011); Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*, 34(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000400001
- Shepherd, T. G., (s. f.); Evaluación visual del suelo. Cultivos anuales. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

- Singh, P., Kumari, S., Guldhe, A., Misra, R., Rawat, I., & Bux, F., (2016); Trends And Novel Strategies For Enhancing Lipid Accumulation And Quality In Microalgae. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 55, 1-16.
- Singh, R., (2011); Facts, Growth, and Opportunities in Industrial Biotechnology. *Organic Process Research & Development*, 15, 175-179.
- Taboada, M. A., & Álvarez. (2008); Introducción a la fertilidad física. En *Fertilidad física de los suelos*. Facultad de Agronomía.
- Taboada, M. A., & Álvarez, C. R., (2008). *Fertilidad física de los suelos* (2.^a ed.). Universidad de Buenos Aires.
- Rodríguez García, L.,. (2020); *Alternativas de mejoras de fertilidad de suelos en la Cooperativa de Producción Agropecuaria "Mártires de Barbados" aprovechando recursos propios*. (Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero Agrónomo). <http://www.intranet.ucf.edu.c>
- Urquiza, N., Alemán, C., Flores, L., Marta, P., & Aguilar, Y., (2011); *Manual de procedimientos para manejo sostenible de tierras*. CIGEA.
- Vaishampayan, A., Sinha, R. P., & Hader, D. P., (2001); Cyanobacterial biofertilizers in rice agriculture. *Botanical rev*, 67(453-516).
- Venkataraman, N., (1993); The concept of fit in strategy research: Toward verbal and statistical correspondence. *Academy of Management Review*.
- Williams, P. J., & Laurens, L. M. L., (2010), Microalgae as biodiesel & biomassfeedstocks. *Review & analysis of the biochemistry, energetics & economics*, 3(554).

Anexos

Anexo 1. Test de conocimiento para evaluar las competencias y seleccionar los informantes clave en la investigación

Nombres y Apellidos: _____

Objetivos del test: obtener información sobre el nivel de conocimientos de los encuestado/as.

Estimado (a) compañero (a):

Ud. ha sido seleccionado para evaluar sus conocimientos acerca del tema de la investigación, de modo que pueda formar parte del grupo de informantes clave y de expertos que tendrá la responsabilidad de evaluar los resultados de la presente investigación; así como, emitir juicios que permitan su validación teórica, por lo cual le solicitamos califique su conocimiento en relación con temas que se corresponden con lo antes mencionado, debiendo marcar con una equis (X) la calificación que le otorga a cada tema recogido en la siguiente tabla, según la escala evaluativa que se señala a continuación:

Escala evaluativa

Calificación	Descripción
(1) Conocimiento alto	Conocimiento total del tema que se trata
(2) Conocimiento medio	Conoce al menos los elementos básicos del tema
(3) Ningún conocimiento	No tiene conocimiento del tema

Cuestionario

a	¿Cómo calificaría usted su conocimiento en relación a la fertilidad del suelo?
b	¿Cómo evalúa el efecto de la aplicación de fertilidad del suelo sobre el desarrollo de los cultivos?
c	¿Cómo evalúa el efecto de la aplicación de la fertilidad del suelo sobre el suelo?
d	¿Cómo considera su conocimiento acerca de la diferenciación de desastres naturales y desastres antrópicos, respecto a la fertilidad del suelo?
e	¿Conoce cuáles son los efectos de la fertilidad del suelo que pueden ser afectados ante la ocurrencia de desastres naturales?
f	¿Conoce usted que es la fertilidad del suelo y cuáles son los procesos con más incidencia en la Finca Aromal?
g	¿Conoce cuáles son las causas principales de la infertilidad del suelo en esa finca?
h	¿Conoce usted la importancia que tienen para los productores dominar términos

	fertilidad del suelo y recursos propios del mismo?
i	¿Conoce cuáles son las medidas con mayores posibilidades de uso para combatir la infertilidad del suelo?
j	¿Cómo califica su nivel de conocimientos acerca de cuáles son las principales limitaciones que deben ser superadas, asociadas a la fertilidad del suelo?
k	¿Cómo califica su nivel de conocimientos acerca de cómo identificar la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la fertilidad del suelo?
l	¿Cómo califica su nivel de conocimientos acerca de los beneficios que puede tener para la Finca Aromal contar con alternativas para mejorar el nivel de conocimiento en la fertilidad del suelo?