



UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
CIENCIAS AGRARIAS



UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
CENTRO UNIVERSITARIO
MUNICIPAL ABREUS

TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

**Una propuesta para el restablecimiento de la fertilidad
del suelo en la Finca Esteban Curbelo, en el municipio
Abreus**

Autora: Idaisy Ojeda Valera

Tutor: Ing. Yair A. Laza Valera. Profesor Instructor

2023

DEDICATORIA

A mis seres queridos, en especial a mis padres, esposo y hermanos que me apoyaron y me ayudaron en todo momento para que pudiera cumplir mis sueños.

RESUMEN

Durante el período enero 2021 a junio del 2023, se realizó un estudio de carácter descriptivo, explicativo y no experimental, en tres fases de trabajo, en la Finca Esteban Curbelo, cuyo objetivo fue 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, encuestas 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 las propiedades. Se ubicó un transecto de investigación muestreándose con el método de la Red Rígida. Los datos obtenidos se organizaron en hojas Excel, para el procesamiento estadístico se empleó el Sistema Automatizado SPSS v.21.0. Como principal resultado se obtuvo una propuesta de Alternativa para el restablecer la fertilidad del suelo de uso agrícola y se concluyó que existen factores limitantes en la fertilidad del suelo 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: alternativa de restablecimiento, fertilidad, propiedades de suelos, recursos propios.

Synthesis.

During the period January 2021 to June 2023, a descriptive, explanatory and non-experimental study was carried out, in three work phases, at Finca Esteban Curbelo, whose objective was to propose an alternative to restore soil fertility for agricultural use., through the use of existing own resources. The methodology used in the collection of primary information with documentary review, 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 use. Agriculture, and own resources to restore them, observation and field measurements in the soil and plants were used, 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 properties. A research transect was located, sampling with the Rigid Network method. The data obtained were organized in Excel sheets, for statistical processing the Automated System SPSS v.21.0 was used. As a main result, an Alternative proposal was obtained to restore the fertility of the soil for agricultural use and it was concluded that there are limiting factors in the fertility of the soil, which is affected by the soil, which is affected by the low level of knowledge of the workforce, considering that is presented can fill those gaps.

Keywords: alternative restoration, fertility, soil properties, own resources.

ÍNDICE

No	Contenidos	Pág.
	RESUMEN	
	INTRODUCCIÓN	1
	CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
1.1	Generalidades en el estudio de los suelos	6
1.2	La fertilidad de los suelos y su manejo	8
1.2.1	Algunas causas que afectan la fertilidad de los suelos	10
1.2.2	Diagnóstico de la fertilidad del suelo	13
1.3	Tecnologías para emplear como alternativas de mejora de la fertilidad de suelos de uso agrícola	16
1.4	Los recursos propios de los agroecosistemas y su empleo en la mejora de la fertilidad de suelos	18
	CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	20
2.1	Diseño de la investigación	20
	CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28

3.1	Caracterización de la finca Esteban Curbelo, con énfasis en la fertilidad del suelo en uso agrícola	28
3.2	Resultados del trabajo de campo	33
3.3	Propuesta de alternativa en pos del restablecimiento de la fertilidad en el suelo de uso agrícola	38
	CONCLUSIONES	50
	RECOMENDACIONES	51
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los ecosistemas más complejos y diversos que existen en la naturaleza, donde se combinan las fases sólida, líquida y gaseosa, formando una matriz tridimensional; también refieren estos autores, que 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, según las doctrinas de autores, como: Machado, et al., (2015), Álvarez & Gutiérrez (2016), Caffaro (2016), Fernández & Álvarez (2016), Gómez (2018), Hernández, et al., (2018).

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, afirmación que refrendan en sus estudios autores internacionales, como: Hernández, et al., (2002), Taboada, et al., (2008), Sainz, et al., (2011), Urquiza et al., (2011), Machado, et al., (2015), Álvarez, et al., (2016), quienes, además aluden a su conservación y buen manejo, del cual depende la sostenibilidad de la producción de alimentos y la seguridad alimentaria de las generaciones futuras.

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: Karlen, et al., (1997), Ojeda, et al., (2007), Hernández, et al., (2015), Álvarez, et al., (2016).

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), en tal sentido, la agricultura convencional con enfoque en la revolución verde, generó problemas ambientales significativos, debido a que involucró prácticas que

mantienen a los agroecosistemas extremadamente degradados por el uso intensivo de la mecanización agrícola y el uso excesivo de fertilizantes químicos y pesticidas.

La consideración crítica de diferentes autores: Urquiza, et al., (2011), Álvarez & Gutiérrez (2016), Caffaro (2016), Hernández, et al., (2018), Mojica & Bolaño (2019), 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.

Por otra parte, varios investigadores: Blacutt (2013), Bermejo (2014), Bloesch, et al., (2015), Boisier (2007), Mojica (2017), Gómez (2018), Mojica & Bolaño (2019), asumieron una línea de pensamiento que consideró los postulados de investigadores que les antecedieron, y en ello, aluden a las modificaciones en el agroecosistema, 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.

Además, Hernández, et al., (2018), Gómez (2018), Maura & Febles (2018), siguen esa línea de pensamiento y coinciden al exponer que, el complejo de cambio contiene cationes fundamentalmente, Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}), Potasio (K^+), Sodio (Na^+), adsorbidos estos iones, al ser positivos, pueden ser intercambiados por iones de la misma carga presentes en la solución del suelo y de esta forma, son suministrados

nuevamente los nutrientes extraídos por las plantas para mantener el equilibrio nutricional en el 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 ese sentido, investigadores como: Hawkes (2003), Núñez (2014), Mendoza (2014), Argüelles, et al., (2017), relacionan la fertilidad del suelo, con los indicadores biológicos, representados por todos los organismos que viven en el suelo, tanto los animales como la fauna edáfica, que ejercen una importante función con respecto al ciclo de nutrientes y de modo particular, los micro-organismos, al ser muy sensibles a perturbaciones resultantes del manejo del suelo; considerados como un excelente indicador.

Fernández, Zalba, Gómez & Sagardoy (2015), Navarro & Navarro (2016), Torres, Florentino, Ospina, Marco, Colmenares, Yendis (2017), Gómez (2018) comparten que la fertilidad del suelo puede ser medida a través de dichos indicadores, los cuales son una herramienta adecuada para evaluar y llevar seguimiento de un agroecosistema, pero si se quiere evidenciar la viabilidad de este sistema, dichos indicadores deben ser pertinentes en el tiempo, espacio, y las condiciones específicas de estudio, por lo que dichos indicadores pueden ser categorizados en cuatro grupos generales: indicadores

químicos, físicos, biológicos, adicionalmente se pueden usar indicadores visuales del sistema productivo que ejercen influencia en la calidad del suelo.

En la calidad del suelo está inmersa la fertilidad, opinión que refrendan en sus estudios: Ojeda, et al., (2007), 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 el intercambio con productores de la finca Esteban Curbelo, se formulan 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 los resultados agrícolas de dicha finca, perteneciente a la CCS Esteban Curbelo Cordero, ubicada en el municipio Abreus.

De esta manera se pudo concluir 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 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 Esteban Curbelo?

Hipótesis: Si se logra la identificación de los recursos propios del suelo, entonces se contribuirá al restablecimiento de la fertilidad del suelo en la finca Esteban Curbelo, mejorándose la productividad del mismo.

Objetivo: Elaborar una propuesta de aprovechamiento de los recursos propios del suelo que contribuya al restablecimiento de la fertilidad del suelo en la finca Esteban Curbelo.

Objetivos específicos

1. Caracterizar la finca Esteban Curbelo, de la CCS Esteban Curbelo Cordero desde sus aspectos generales.
2. Identificar las afectaciones que presenta la fertilidad del suelo en uso agrícola a partir de observaciones al suelo y a las plantas en la finca Esteban Curbelo.
3. Determinar los recursos propios del suelo en uso agrícola, que pueden ser utilizados restablecimiento de la fertilidad del suelo en la finca Esteban Curbelo.

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se presenta un análisis de las generalidades en el estudio de los suelos de uso agrícola, a nivel internacional y en Cuba, a partir de la integración de saberes de diferentes investigadores en relación a su manejo, y las consideraciones sobre la fertilidad de este recurso, y en ello, se tuvieron presente las ideas que avalan el uso de tecnologías en pos de la mejora en la fertilidad, desde las consideraciones actuales con el empleo de diferentes alternativas a partir de recursos propios de los agroecosistemas, cuyos aportes según la literatura consultada contribuyen de alguna forma a mejorar la fertilidad.

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: Blacutt (2013), Barraco & Díaz (2014).

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: Urquiza, Alemán & Flores (2011), y 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.

Algunos teóricos afirman que el suelo constituye la mayor riqueza de la economía nacional: Machado, Rajadel, & Ponce (2015), Hernández, et al., (2015), Mojica (2017), Hernández, et al., (2018), Gómez (2018), Maura, & Febles (2018), 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.

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), 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 Cuba, con las transformaciones ocurridas después de 1959, período que marcó el inicio de la etapa correspondiente a la Revolución Cubana, en el orden político, económico y social, a partir de la cual se sucedieron cambios, que favorecieron las investigaciones de los suelos, desde la misma aplicación de la Ley de Reforma Agraria, la cual facilitó el uso y manejo de los suelos bajo un control, que se lograba al otorgar la tierra a quienes la trabajaban y tenían conocimientos empíricos, aprovechados para dilucidar buenas prácticas a favor de la intensificación de la agricultura, y con ella, la constitución de una red de centros para el estudio de los suelos, su conservación y mejoramiento (Álvarez & Gutiérrez, 2016).

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), 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: Hernández et al., (2015), Rimski & Álvarez (2016), Álvarez & Gutiérrez (2016), Fernández & Álvarez (2016), Gómez (2018), Mojica (2017), 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 radiculares y brindarles la cantidad de aire y calor necesarias para su normal desarrollo; por tanto, contribuyen a asegurar, en gran medida, las producciones agrícolas.

Autores como: Barraco, & Díaz (2014), Bermejo (2014), Carnelos (2014), Fernández, et al., (2015), Bloesch (2015), Maura, & Febles (2018), Hernández, et al., (2018), Gómez (2018), consideran que 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.

Estos investigadores, reconocen los factores de formación de los suelos, tales como: el clima, la roca madre, el relieve, la biota y el tiempo de formación, siendo estos los responsables de provocar los diferentes procesos que dieron origen a cada uno de los tipos, de suelos, que existen hoy día; lo cual permitió, que cada uno de los suelos formados en la naturaleza tengan sus propias características que los diferencian entre sí, y por lo tanto, condicionan que el uso y manejo de cada uno se realice de forma diferenciada.

1.2. La fertilidad de los suelos y 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).

Para Hernández, et al., (2018), Gómez (2018); el impacto en la agricultura de la intensificación de la mecanización, la quimización y el empleo de técnicas y sistemas de riego de avanzada, han conducido a la degradación del estado físico de los suelos de uso agrícola; lo que se refleja en la compactación de las capas arables, la degradación del estado estructural, el empeoramiento de la aireación y el drenaje, la disminución del agua disponible para las plantas, la salinización, entre otros; factores estos, que inciden de forma negativa en el potencial agroproductivo de los suelos, por lo que pueden ser considerados como causas que contribuyen a pérdidas de la fertilidad natural de este recurso natural.

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), 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), 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 (Machado, Rajadel & Ponce, 2015).

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).

En trabajos relativos al manejo de la fertilidad de suelos: Boisier (2017); Torres et al., (2017); 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); 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.

1.2.1. Algunas causas que afectan la fertilidad de los suelos

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); 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, 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.

1.2.2. Diagnóstico de la fertilidad 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), 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.

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.

Ojeda et al., (2007), asegura en sus reportes que, dentro de la promoción de la actividad biológica, destacan el grupo de microorganismos relacionados con el ciclo de nitrógeno (N) tales como, rizobiaceas y cianobacterias, así como, los vinculados a la asimilabilidad del fósforo (P), como es el caso de micorrizas y de bacterias solubilizadoras y finalmente, de aquellos microorganismos que son productores de sustancias estimulantes del crecimiento como los del género *Azospirillum*.

Para Hernández, et al., (2018); 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), 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, tal es el caso de Cabrera, et al., (2007), los que 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 Ordazet al., (2014).

1.3. Tecnologías para emplear como alternativas de mejora de la fertilidad de suelos de uso agrícola

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)

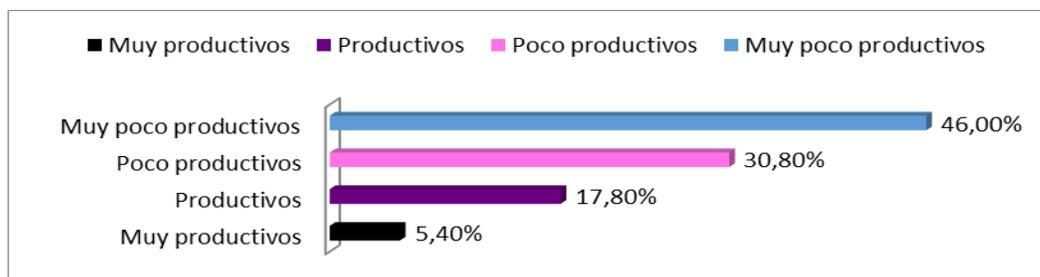


Figura 3. Situación de los suelos en Cuba.

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).

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), como también se les llama, fueron desarrollados por el Profesor Dr. Teruo Higa, en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón; y en ello, destaca Correa (2008); que el principio fundamental de esta tecnología consiste en introducir un grupo de microorganismos benéficos para mejorar la condición de los suelos, 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).

1.4. Los recursos propios de los agroecosistemas y su empleo en la mejora de la fertilidad de suelos

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), 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.

Otros estudiosos del tema: Urquiza et al., (2002), Urquiza, et al., (2011), 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), 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.

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.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

La investigación se desarrolló durante el período comprendido entre enero del año 2021 y junio del 2023, con la realización de un estudio de carácter descriptivo, explicativo y no experimental, en la finca Esteban Curbelo, de la CCS Esteban Curbelo Cordero, como parte de la culminación de estudios del Ingeniero Agrónomo.

Para la identificación de la presencia de recursos propios del suelo en la finca Esteban Curbelo, se desarrolló un trabajo de campo, que tiene 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), siguiendo los pasos:

- I. Ubicación del transecto de investigación
- II. Observaciones y registro en el campo
- III. Estructura del suelo: textura del suelo, cuantificación de la población de lombrices y raíces, Medición del pH del suelo

Para ubicar este transecto fue necesario llevar a cabo un recorrido por las áreas agrícolas de la finca Esteban Curbelo, reconociéndose las distintas problemáticas existentes, respecto a la situación de la fertilidad del suelo, su manejo y el empleo de recursos propios, luego se procedió al diseño del muestreo, y para ello:

1. Se partió de la zonificación preliminar, obtenida como resultado del recorrido por las áreas agrícola, determinándose en toda la finca.
2. La observación de los cultivos, y la selección de cinco: yuca, frijol, maíz, tomate y calabaza.
3. Organización del intercambio con los productores y decisores (internos y externos).
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.

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 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.

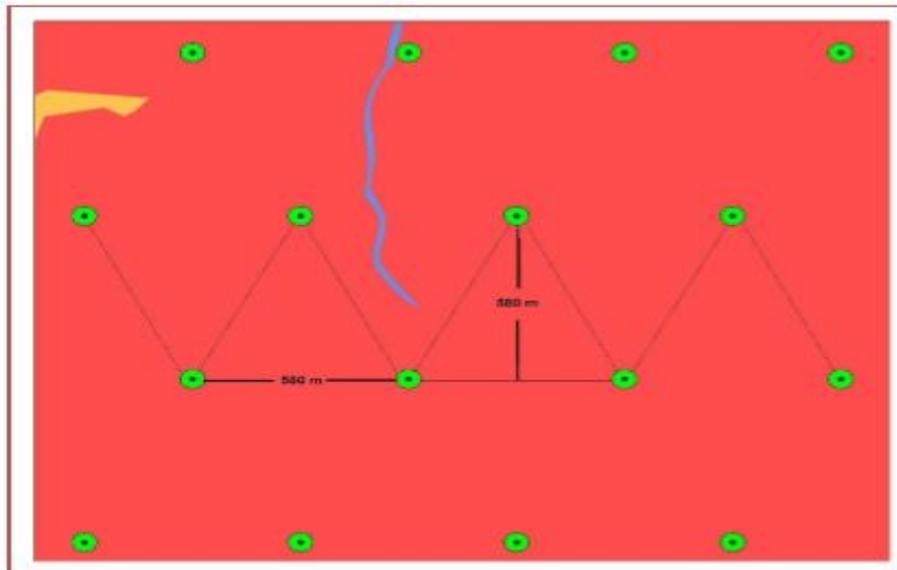


Figura 4. Puntos de muestreo con la metodología de Red rígida

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

II. Observaciones y registro en el 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 lo son las sustancias de los desechos de animales y vegetales; a partir de lo cual se determinaron dos puntos. En este caso 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:

Color del suelo

1. Tome un terrón de cada capa y registre si está mojado, húmedo o seco. Si está seco, humedézcalo ligeramente con su botella de agua.

2. Párese de espaldas al sol de forma que la luz dé directo a la muestra y al cuadro de colores. Rompa el terrón.

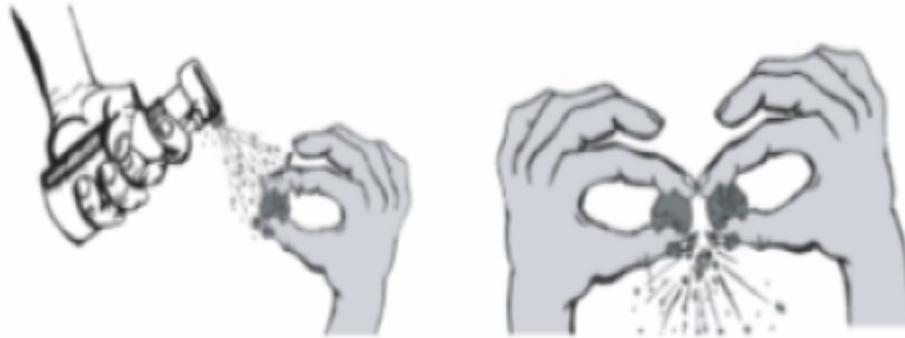


Figura 6. Procedimiento para evaluar color del suelo

Al comprobar que el suelo está seco, se humedeció con goteo de agua, y se esperó a que el agua filtrara 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.

III. 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, 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.

IV. 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 adhiriera 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.

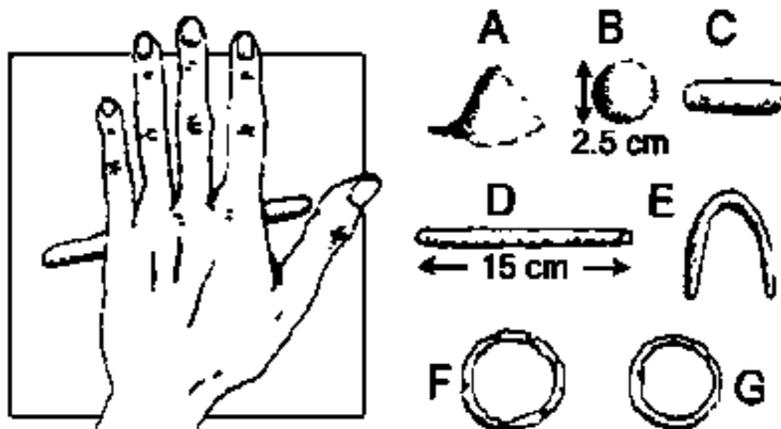


Figura 7. Determinación de la textura del suelo

V. **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: 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.

VI. **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.

VII. 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.

Para la determinación de los síntomas que indican afectaciones a la fertilidad en el suelo se toman los datos obtenidos y se procede a su procesamiento y a registrar los síntomas que indican afectaciones a la fertilidad en el suelo.

El análisis y procesamiento de los datos aportados en los resultados fueron organizados en hojas de Microsoft Excel, con los correspondientes gráficos, los cuales facilitaron la conformación de la propuesta de solución.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización de la finca Esteban Curbelo, con énfasis en la fertilidad del suelo en uso agrícola

- **Ubicación geográfica**

La finca Esteban Curbelo, limita al norte con la carretera Abreus-Yaguaramas, al sur con la demarcación Laberinto Nuevo, al este con la demarcación Laberinto Viejo, al oeste con el Consejo Popular Cieneguita, propiedad de Taurino Alberto Pérez Cabrera. Cuenta con un área total de 5.75 hectáreas, el suelo que predomina es pardo con carbonato. Se encuentra ubicada a 1 Km de distancia del municipio Abreus, tomando por la carretera Abreus – Yaguaramas.

En la figura 8, se muestra la ubicación geográfica de la finca Esteban Curbelo dentro del municipio Abreus.



Figura 8. Ubicación Geográfica de la “finca Esteban Curbelo”

Fuente: Mapa satelital

- **Análisis de la fuerza laboral**

Esta finca está asociada a la CCS Esteban Curbelo Cordero y se subordina metodológicamente a la Delegación Municipal de la Agricultura, del Ministerio de la Agricultura del municipio Abreus, cuenta con una fuerza laboral compuesta de 3 trabajadores directos a la producción, de ellos 1 es el Jefe de finca que es técnico medio en Agronomía, el cual se encuentran directo a la producción de conjunto con los 2 restantes trabajadores, esto conlleva a que las áreas destinadas a la producción agrícola no cuenten con la atención requerida, por lo que las prácticas agronómicas que

reciben los cultivos no son suficientes ni controladas eficazmente en su calidad de ejecución, lo cual constituye una barrera a vencer para el empleo de las buenas prácticas agrícolas, el adecuado uso y manejo del suelo y por ende, esto se traduzca en mejores resultados productivos.

En la valoración de la composición de la fuerza laboral de la finca Esteban Curbelo, se corrobora la predominancia del sexo masculino, por lo que es necesario se haga un análisis por parte del Jefe de la finca y los decisores que integran la Junta Directiva de la CCS Esteban Curbelo Cordero, en función de revisar de las actividades que actualmente se realizan en la misma, las cuáles pueden ser desarrolladas por las mujeres de la familia, así como, evaluar la posibilidad de la búsqueda de otras fuentes de empleo para estas, lo que al final se traducirá en mejoras de los resultados en su gestión productiva; 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, ya que los 3 se encuentran directos a la producción, en este sentido, 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, se logre motivar a los jóvenes de la familia para formar parte de su fuerza laboral.

El análisis de la fuerza laboral realizado como parte de la caracterización demuestra que en sentido general, la finca Esteban Curbelo en las condiciones actuales no 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 buenas 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

De la revisión documental realizada a los documentos rectores, se encontró que esta finca cuenta con una superficie total agrícola de 5.75 ha; distribuidas según su uso como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Desglose de la superficie total de la finca Esteban Curbelo

Desglose de la superficie agrícola por uso de suelo	Área (ha)	% que representa de la superficie total
Cultivos varios	4.65 ha	80.87 %
Ganadería	0.6 ha	10.43 %
Forestal	0.3 ha	5.22%
Sin cultivar	0.2 ha	3.48 %
Total	5.75 ha	100

Fuente: Registro de Tenentes de Tierra (cierre 2023).

Como se aprecia, la finca muestra un buen nivel de aprovechamiento de la superficie agrícola ya que solo el 3.48 % (0.2 ha) se encuentra sin cultivar, por falta de fuerza laboral, ya que cada trabajador debe atender como norma entre 1.91 ha, , 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.), maíz (*Zea mayz*, Duch.), Yuca (*Manihot esculenta* Crantz), tomate (*Solanum lycopersicum*), Calabaza (*Cucurbitamoschata*, no hacen uso de buenas prácticas agrícolas, como rotación de cultivos, asociación de cultivos, 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 aves y cerdos, cuyas excretas pudieran ser empleadas en la producción de humus de lombriz.

Como se deriva de este análisis, la no aplicación de buenas prácticas agrícolas, conjuntamente con procesos naturales generados por el Cambio Climático, como es el caso de la sequía frecuente, 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 esta finca agrícola predomina 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 20 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 como 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 Esteban Curbelo, 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) y Gómez (2018),

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 Esteban Curbelo, 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 Esteban Curbelo este comportamiento es similar, lo cual se corrobora con los datos de pluviosidad que se registraron en el período comprendido entre los años 2020 a 2023, en el pluviómetro ubicado en la CCS y que se muestran en la figura 18. Nótese como en el 2023 hay un descenso respecto a los años 2020 y 2022, lo cual ha influido negativamente en la fertilidad de los suelos.

Tabla 2. Precipitaciones registradas entre 2020 y 2023 en la finca Esteban Curbelo

Años	Precipitaciones mm
2020	1203.7
2021	836.1
2022	1302.3
2023	712.7

Fuente. Registro del Pluviómetro ubicado en la CCS Esteban Curbelo Cordero en el período (2020-2023)

El comportamiento del clima ha traído como consecuencias que en la finca Esteban Curbelo se aprecian manifestaciones de pérdida de la capacidad productiva en

diferentes áreas de uso agrícola, a razón de pérdidas de nutrientes por el arrastre de las aguas del arroyo 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: Hernández, et al., (2015), Machado, et al., (2015), Mojica (2017), Hernández, et al., (2018), y Gómez (2018), 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.

3.2. Resultados del trabajo de campo

A continuación, se presentan los resultados del trabajo de campo, y 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, 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:



Foto 1. Tipo de suelo predominante en la finca Esteban Curbelo Autor: Idaisy Ojeda Valera. Fecha: agosto - octubre de 2023. Lugar: finca Esteban Curbelo



Foto 2. Propiedades químicas, pH: añadiendo gotas de limón en una fracción de suelo se observó efervescencia. Autor: Idaisy Ojeda Valera. Fecha: agosto - octubre de 2023.

Lugar: finca Esteban Curbelo



Foto3. Materia orgánica: observando el cambio de coloración entre los horizontes o capas del perfil de suelo. Autor: Idaisy Ojeda Valera. Fecha: agosto - octubre de 2023.

Lugar: finca Esteban Curbelo



Foto 4. Estructura: se observó en la calicata realizada que se muestra una estructura granular Autor: Idaisy Ojeda Valera. Fecha: agosto - octubre de 2023. Lugar: finca

Esteban Curbelo



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

Fecha: agosto - octubre de 2023. Lugar: finca Esteban Curbelo



Foto 6. Propiedades biológicas: conteo de lombrices. Autor: Idaisy Ojeda Valera. Fecha: agosto - octubre de 2023. Lugar: finca Esteban Curbelo

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 Esteban Curbelo:

- 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 Esteban Curbelo y se identificaron en el uso no adecuado de diferentes tecnologías

para el manejo de los suelos, empleándose en todos los cultivos el riego por aniego y seco:

- 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.
- 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; y 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.

Luego, de este apartado se derivan conclusiones parciales que indican las afectaciones que presenta la fertilidad del suelo en uso agrícola en la finca Esteban Curbelo, y en ello:

- 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 provoca la formación de charcos donde el cultivo desaparece en primavera y también se presenta inundación frecuente por la cercanía del arroyo.
- La calificación de la fuerza de trabajo no está en correspondencia con los adelantos científico 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 Esteban Curbelo, de la CCS Esteban Curbelo Cordero; 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 post de contribuir al restablecimiento de la fertilidad del suelo en la finca Esteban Curbelo, de la CCS Esteban Curbelo Cordero.

3.3. Propuesta de alternativa en pos del restablecimiento de la fertilidad en el suelo de uso agrícola

La elaboración de la Propuesta de alternativa en pos del restablecimiento para la fertilidad del suelo de uso agrícola, con el aprovechamiento de los recursos propios en la finca Esteban Curbelo, consideró el diseño de la siguiente estructura: objetivo, análisis de antecedentes, justificación, direcciones con sugerencias para el desarrollo de cada alternativa; dicha estructura fue diseñada, representándose gráficamente en la figura 9.

Propuesta de alternativa en pos del restablecimiento de la fertilidad en el suelo de uso agrícola

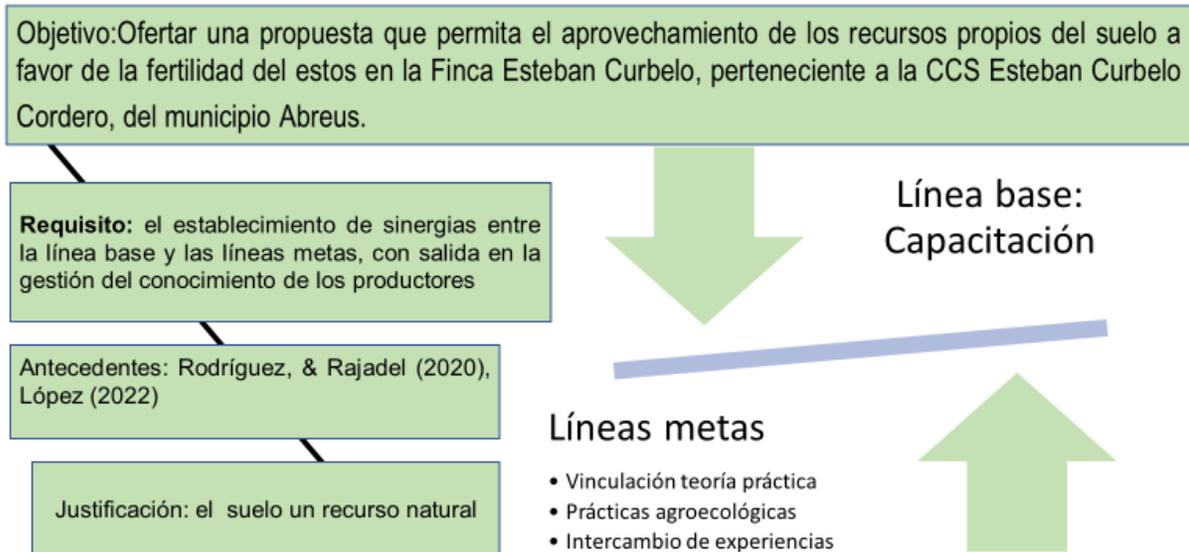


Figura 9. Diseño de la propuesta de alternativa

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, et al., (2018), quienes presentan en el año 2015, 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.

- 2022 El restablecimiento de la fertilidad del suelo en la finca Aromal (López, 2022).

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; razones que permiten la presentación de la fundamentación del resultado de la investigación.

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.

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.

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.

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. 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.

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.

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 y en el caso el del municipio de Abreus resulta vital, pues la economía descansa en las formas productivas, que incluye a la finca Esteban Curbelo, por pertenecer a la CCS Esteban Curbelo Cordero.

Se han identificado diversos factores que afectan la fertilidad de los suelos; entre estos se encuentra 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 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 los campos de la finca Esteban Curbelo, no se imagina que alguna vez se alcanzó los mil quintales de viandas cosechadas; algunos fenómenos meteorológicos afectaron sus áreas y a ello se sumaron también problemas organizativos que hicieron decaer la producción de alimentos para el municipio; sin embargo, corren nuevos aires y las máximas autoridades del territorio, de conjunto con la dirección de la Agricultura y la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), y el Centro Universitario (CUM) conciben una estrategia para restablecer la fertilidad del suelo de la finca y así contribuir al autoabastecimiento del municipio.

En ello, la intención es sellar las 5.75 hectáreas, las cuales no se encuentran produciendo los cultivos que, tradicionalmente se sembraban, como el maní (*Arachis hypogaea*), plátano vianda (*Musa balbisiana*) y arroz (*Oriza sativa*), pero esos retos se ven amenazados por el déficit de fuerza laboral, identificándose la necesidad de una fuerza necesaria de 7 trabajadores.

Hoy en la finca Esteban Curbelo requiere de aunar todos los esfuerzos posibles, y entre esos esfuerzos está la propuesta de la Alternativa para mitigar los efectos de la baja fertilidad, que en estos momentos se constituye como una problemática a resolver; luego el objetivo de la Alternativa se declara en:

Objetivo: Ofertar una propuesta que permita el aprovechamiento de los recursos propios del suelo a favor de la fertilidad del estos en la finca Esteban Curbelo, perteneciente a la CCS Esteban Curbelo Cordero, del municipio de Abreus.

Requisito: el establecimiento de sinergias entre la línea base y las líneas metas, con salida en la gestión del conocimiento de los productores

Línea base: Capacitación

Líneas metas

- I. Vinculación teoría práctica
- II. Prácticas agroecológicas
- III. Intercambio de experiencias

Sugerencias de Temas a desarrollar en la capacitación

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 de 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

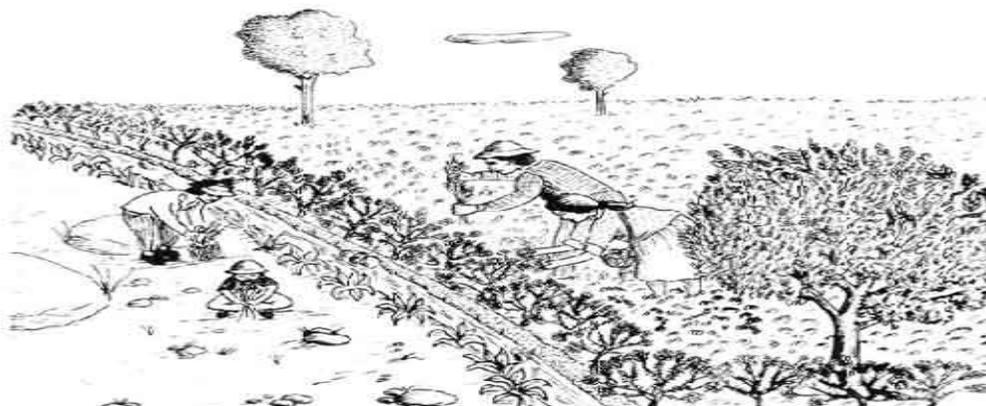
Sinopsis

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 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).

Dirección II. Vinculación teoría práctica

Sugerencias

1. Entrenamientos en el terreno con los productores.
2. Controles sistemáticos a la aplicación de los conocimientos recibidos en la capacitación.
3. Realización periódica de un análisis de suelo para saber su composición físico-química.
4. Reducción del uso de maquinarias y sobrecarga animal para evitar la compactación del suelo.
5. Implementación de métodos de rotación de cultivos, combinando gramíneas con leguminosas.
6. Promoción del uso de materia orgánica como abono para el suelo.
7. Realización de siembras de cultivos y árboles, así como sembrar cercas vivas alrededor de las parcelas.
8. Practicar la labranza de conservación y la rotación de potreros.
9. Consideración en el uso del estiércol u otra materia orgánica, dejar que el estiércol se descomponga durante al menos un mes antes de usarlo, para evitar dañar las plantas.
10. Consideración en la rotación de cultivos, pues rotar las plantas anualmente mantendrá más estables los niveles de nutrientes.

Dirección III. Buenas Prácticas

1. Identificación de experiencias y buenas prácticas para la mejora de la fertilidad del suelo.
2. Sistematización de dichas experiencias y buenas prácticas para la mejora de la fertilidad del suelo.

3. Organización de una carpeta metodológica que contenga las evidencias de las experiencias y buenas prácticas para el restablecimiento de la fertilidad del suelo.
4. Repartir plegables a los productores del municipio donde se describan cómo se pueden realizar las buenas prácticas.

Dirección IV. Intercambio de experiencias con otros productores

1. Presentación de las experiencias y buenas prácticas para la mejora de la fertilidad del suelo en el Fórum de base de la CCS.
2. Organización de un evento científico a nivel de la CCS en articulación con el CUM de Abreus que posibilite mostrar las experiencias y buenas prácticas logradas para la mejora de la fertilidad del suelo.
3. Presentación de las experiencias y buenas prácticas para el restablecimiento de la fertilidad del suelo en el Fórum Municipal.
4. Visitas a otras fincas del municipio de conjunto con la Delegación Municipal de la Agricultura, Asociación Nacional de Pequeños Agricultores (ANAP) y profesores de la Sede Universitaria (CUM) para exponer las experiencias.

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

CONCLUSIONES

- La caracterización de la finca Esteban Curbelo, en sus aspectos generales, 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.
- Se elaboró a partir de los problemas identificados una propuesta de Alternativa, validada por los expertos, quienes los enriquecieron con sus criterios y aportaron un grupo de requisitos para su implementación; toda vez que permitirá su aplicación en el futuro.
- 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 Esteban Curbelo.

RECOMENDACIONES

- La realización de un análisis de los resultados de la investigación en una sesión de trabajo de la Junta Directiva de la CCS Esteban Curbelo Cordero.
- La participación del CUM en el proceso de implementación de la propuesta de alternativa y su validación práctica, al considerarse la continuidad de la investigación con otros estudiantes en formación, previa coordinación con los productores de la CCS y la finca Esteban Curbelo.
- El cumplimiento de los requisitos durante el proceso de implementación.
- 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., (2002). *Erosión hídrica en la región Escambray. Efecto del establecimiento de medidas, para su control*. Presentado en VII Seminario Científico – Técnico en saludo al XXX Aniversario de la Estación Experimental de suelos.
- 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.
- Karlen, D.L., et al., (1997); Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of America J*, 61(4).
- López, M. (2022). *El restablecimiento de la fertilidad del suelo en la finca Aromal*. (Trabajo de Diploma). Universidad Cienfuegos.
- Machado D. M., Gervasio, M. E., Fernández, A., Ribeiro, C. E. G., & Menezes. (2015); Fauna edáfica na dinâmica sucesional 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., (2017); 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-Zárata, 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., Echeverria, 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., (2000); Evaluación visual del suelo. Cultivos anuales. Organizaciónde 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](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

