



Facultad de Ciencias Agrarias



Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero Agrónomo

Título. Propuesta de acciones para mejorar la calidad del suelo en la finca “Guasimal”, provincia de Cienfuegos

Autor: Daniela Fernández Díaz

Tutor/a:MS.c. Olimpia Nilda Rajadel Acosta

Curso 2017-2018

Pensamiento:

“(...) el hombre transforma la naturaleza medida que se desarrolla, a medida que crece su técnica; el hombre revoluciona la naturaleza, más la naturaleza tiene sus leyes, y la naturaleza no se puede revolucionar impunemente. Y es necesario considerar esas leyes como un conjunto, es necesario e imprescindible y vital no olvidar ninguna de esas leyes”.

Fidel Castro

Agradecimientos:

“Agradezco a mis padres, quienes me han apoyado durante toda mi vida, a mis familias que han permanecido dando su apoyo todos estos años y a mis compañeros de aula por ser mis compañeros de aventuras.

A Nilda mi tutora, por su tiempo y recomendaciones, por su paciencia y porque sin ella nada sería posible.

A los trabajadores de la Finca Guasimal por su paciencia,

Por último, agradezco a los jurados por contribuir con este proyecto”.

Resumen:

Resumen

Se realizó una investigación No experimental, de tipo correlacional / múltiple, en la finca “Guasimal”, su objetivo: evaluar la calidad del suelo fundamentado en indicadores específicos del Manejo Sostenible de Tierras. Se aplicaron métodos teóricos/práctico para captar información (entrevistas, encuestas, revisión documental, observación directa y mediciones en el lugar). Para la toma de muestras, se establecieron tres transeptos lineales de investigación (tipo de uso de suelos), se aplicaron cinco Herramientas Metodológicas del Manual de Procedimientos para la implementación del Manejo Sostenible de Tierras. La información captada se organizó en registros y hojas de trabajo; las mediciones se calificaron con criterios de las Herramientas Metodológicas y la Guía de Campo para la Evaluación Visual de Suelos. Se evaluó la eficiencia de las medidas de conservación de suelos establecidas, partiendo de métodos de la revisión bibliográfica e identificar parámetros de calidad de suelo particulares de la finca. Se emplearon métodos matemáticos y estadísticos del Paquete Automatizado SPSS v.22, para el análisis de datos. Resultados obtenidos: principales características de los suelos de la finca de semillas “Guasimal”; estado de la calidad del suelo de la finca comparado a través de indicadores de impacto implementados por el Instituto de Suelos en los polígonos demostrativos y la determinación de los indicadores de calidad del suelo propios de la finca para su manejo sostenible. Como principal conclusión se propone un programa para solucionar los problemas identificados, que contiene medidas o acciones con sus correspondientes necesidades para su cumplimiento y/o monitoreo sistemático.

Palabras clave: calidad, suelos, indicadores, Manejo Sostenible de Tierras, sistemas de evaluación.

ABSTRACT

A non-experimental, correlational / multiple type of research was carried out on the "Guasimal" farm, its objective: to evaluate the quality of the soil based on specific indicators of Sustainable Land Management. Theoretical / practical methods were applied to gather information (interviews, surveys, documentary review, direct observation and on-site measurements). For sampling, three linear research transects were established (type of land use), five Methodological Tools of the Procedures Manual for the implementation of Sustainable Land Management were applied. The information gathered was organized in registers and worksheets; the measurements were graded with criteria from the Methodological Tools and the Field Guide for the Visual Evaluation of Soils. The efficiency of the established soil conservation measures was evaluated, starting from bibliographic review methods and identifying parameters of soil quality specific to the farm. Mathematical and statistical methods of the Automated Package SPSS v.22 were used for data analysis. Results obtained: main characteristics of the soils of the "Guasimal" seed farm; state of the soil quality of the farm compared through impact indicators implemented by the Soil Institute in the demonstration polygons and the determination of soil quality indicators of the farm for its sustainable management. As a main conclusion, a program is proposed to solve the problems identified, which contains measures or actions with their corresponding needs for compliance and / or systematic monitoring.

Key words: quality, soils, indicators, Sustainable Land Management, evaluation systems.

Índice:

Introducción	9
Capítulo 1. Revisión bibliográfica:	12
1.1.Principales conceptos que guardan relación con la calidad del suelo	12
Capítulo 2. Materiales y métodos	31
2.1. Evaluación de la calidad del suelo en cuanto a las propiedades de los suelos de la finca de semillas “Guasimal”	32
2.2 Comparación del estado de la calidad del suelo de la finca con los indicadores de impacto establecidos por el Instituto de Suelos en los polígonos demostrativos de Conservación y Mejoramiento de Suelos, Agua y Bosques	39
2.3. Propuesta para tomar acciones encaminadas a la mejora de la calidad del suelo partiendo del empleo de indicadores de Manejo Sostenible de Tierras	39
Capítulo 3. Resultados y discusión	41
3.1. Resultados de la evaluación de la calidad del suelo en cuanto a las propiedades de los suelos de la finca de semillas “Guasimal”	41
• Resultados de la caracterización socio-económica de la finca	42
• Resultados de la caracterización de la situación actual de la medición de las herramientas metodológicas del suelo aplicadas y su interacción con la calidad del suelo.	46
3.2 Resultados de la comparación del estado de la calidad del suelo de la finca con los indicadores de impacto establecidos por el Instituto de Suelos en los polígonos demostrativos de Conservación y Mejoramiento de Suelos, Agua y Bosques	50
• Resultados de la identificación de la relación fertilidad del suelo / calidad del suelo y salud de los cultivos en la finca de semillas “Guasimal”	51

Introducción

El suelo es un componente fundamental en los ecosistemas terrestres para la nutrición y soporte de las plantas. En los agroecosistemas; cumple análogamente la misma función; siendo indispensable para la producción agropecuaria, por lo que, de su conservación y buen manejo, depende la sostenibilidad de la producción de alimentos y la seguridad alimentaria de las generaciones futuras (Gliessman, 2002; Vandermeer, 2011).

Para comprender y conocer el estado y el comportamiento de los suelos en los contextos agropecuario y forestal, según diferentes autores como Brady (1990) y Havlin et al. (1999) se considera y ha sido usada convencional como fundamental todo lo relativo a la fertilidad del suelo, para la que se han propuesto muchos conceptos como definición, entre ellas destaca la definición común de “suelo fértil” que plantea, que es aquel suelo que tiene la capacidad de suministrar suficientes nutrientes al cultivo, asegurando su crecimiento y desarrollo (Brady, 1990; Havlin et al., 1999), que es la que se asumirá para la ejecución de la presente investigación.

Atendiendo también a las condiciones de fertilidad de suelo diferentes autores como Etchevers (1999), reportaron que las propiedades biológicas en estrecha relación con propiedades físicas, como la agregación, y con las químicas, como la capacidad de intercambio iónico, garantizan la existencia de una adecuada disponibilidad de nutrientes y a su vez, que el suelo tenga calidad para su uso agrícola. De esta forma ya desde esa época comienza a relacionarse el término fertilidad de suelos con su calidad. La calidad del suelo también ha recibido diferentes definiciones según diferentes puntos de vista y aún en la actualidad es un término con una definición no muy acabada, entre las diferentes definiciones se cuentan con el reportado por Karlen et al (1997) que la consideraron como la “capacidad de funcionar de un específico tipo de suelo”.

Por su parte, el Instituto de Suelo (1989) define la calidad del suelo (CS) como “la capacidad funcional de un tipo específico de suelo, para sustentar la productividad animal o vegetal, mantener o mejorar la calidad del agua y el aire, y sostener el asentamiento y salud humana, con límites ecosistémicos naturales o determinados por el manejo”.

Por otra parte, Brejda y Moorman (2001) consideraron que la calidad del suelo (CS) incluye los conceptos de capacidad productiva del mismo y la protección ambiental; así como, que las funciones específicas representadas por la calidad del suelo incluyen:

1. Captar, mantener y liberar nutrientes y otros compuestos químicos.
2. Captar, mantener y liberar agua a las plantas y recargar las napas subterráneas.
3. Mantener un hábitat edáfico adecuado para la actividad biológica del suelo.

Y en estudios posteriores, Brejda y Moorman (2001) también plantean que la mantención o mejora de la CS puede generar beneficios económicos, mediante el aumento de la productividad, mayor eficiencia en el uso de nutrientes y pesticidas, mejor calidad del aire y del agua y reducción de los gases de efecto invernadero.

Para el caso particular de Cuba, Hernández, Fernández, Ortuño y Alarcón (2010) asocian la calidad del suelo a las buenas prácticas agrícolas, estas últimas definidas como un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas, tendientes a reducir los riesgos físicos, químicos y biológicos en la producción, cosecha y acondicionamiento del producto agrícola; así como, contribuir a la estabilidad y protección de los Recursos Naturales (RN) de los agroecosistemas.

Todo lo anterior evidencia que la calidad del suelo tiene una estrecha relación con la salud de los cultivos, por lo que se puede decir que de modo particular, requiere ser evaluada empleando para tal fin, la medición de un grupo mínimo de datos referentes al comportamiento de propiedades del suelo a partir de lo cual se podrá contar con un estimado de la capacidad del suelo para realizar funciones básicas, por ejemplo: mantener la productividad, regular y separar agua y flujo de solutos, filtrar y tamponar contra contaminantes, almacenar y reciclar nutrientes, entre otras, lo que deriva entonces, la necesidad de contar con indicadores generales y específicos del lugar para medir la calidad del suelo (Brejda y Moorman, 2001).

Los indicadores constituyen un grupo de parámetros, mediciones u observaciones definidos por investigadores como Parr et al., 1992; Karlen et al., 1992 y Magdoff, 1999, que suelen funcionar no solo para describir sino para monitorear el estado del objeto medido, en este caso la calidad del recurso suelo.

También otros autores como Altieri y Nicholls (2001) los consideraron como una herramienta muy adecuada para evaluar y mantener el 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 su parte en las investigaciones realizadas por Astier et al. (2002) se demostró de modo particular, que los indicadores de la calidad de suelo, se conciben como una herramienta de medición que debe ofrecer información sobre las propiedades, los procesos y las características, ya que estos proporcionan datos que permiten conocer y dar seguimiento a los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un período dado.

La revisión bibliográfica efectuada evidenció que, en sentido general, los indicadores de calidad pueden ser categorizados en cuatro grupos generales como son: indicadores químicos, físicos, biológicos, adicionalmente se pueden usar indicadores visuales del Sistema Productivo (Shepherd, et al 2000) que ejercen influencia en la calidad del suelo. En el caso particular de los sistemas agrícolas cubanos, desde el año 2010 se han realizado estudios con el empleo de indicadores para medir la calidad del suelo, cuyas fuentes principales son la Guía de Campo para la Evaluación Visual del Suelo En el país se cuenta con más de 90 sitios productivos estudiados en este sentido que además de aportar las áreas más afectadas por procesos de degradación de suelos que influyen de forma negativa en la calidad de dichos suelos, permitieron identificar indicadores específicos de cada lugar para monitorear el estado de cumplimiento de las medidas adoptadas para mitigar o eliminar este impacto; así como, conocer el estado de evolución de la sostenibilidad de los agroecosistemas evaluados, con lo cual el Instituto de Suelos (2015) elaboró una Guía Metodológica para evaluar el impacto del Manejo Sostenible de Tierras (MST) en los Polígonos Demostrativos para el Mejoramiento y Conservación de suelos, agua y bosques establecidos a nivel provincial y municipal (IS 2010).

Partiendo de lo antes referido, se consideró para el presente proyecto de investigación, que dadas las estrategias recomendadas en el Manejo Sostenible de Tierras (MST) y los diferentes métodos que se proponen para evaluar específicamente el comportamiento de la calidad del suelo y salud de los cultivos, por las condiciones en que esta se encuentra la finca de semillas de "Guasimal", la que constituye el Polígono

Demostrativo para el Mejoramiento y Conservación de suelos, agua y bosques del municipio Cienfuegos, se precisa llevar a cabo el empleo de indicadores para evaluar la calidad de sus suelos establecidos en ella, por lo tanto es en este contexto que se identificó como:

Problema científico: *¿Cómo evaluar la calidad del suelo de la finca Guasimal del municipio Cienfuegos, con el empleo de indicadores de Manejo Sostenible de Tierras?*

Para brindar solución a este problema, se concibió como hipótesis de investigación la siguiente: *el empleo de indicadores Manejo Sostenible de Tierras, facilitará la evaluación de la calidad del suelo de la finca Guasimal, con la finalidad del establecimiento de una propuesta de acciones para su mejora.*

Para dar cumplimiento a lo anterior, se trazaron como metas u objetivos de investigación los siguientes:

Objetivo general

Elaborar una propuesta de acciones encaminadas a la mejora de la calidad del suelo en la finca Guasimal del municipio Cienfuegos, con el empleo de indicadores de Manejo Sostenible de Tierras.

Objetivos específicos

- Diagnosticar la calidad del suelo evaluando el comportamiento de algunas propiedades de los suelos de la finca de semillas “Guasimal”.
- Comparar el estado de la calidad del suelo de la finca con los indicadores de impacto establecidos por el Instituto de Suelos en los polígonos demostrativos de Conservación y Mejoramiento de Suelos, Agua y Bosques.
- Proponer acciones encaminadas a la mejora de la calidad del suelo, partiendo del empleo de indicadores de Manejo Sostenible de Tierras.

Capítulo 1. Revisión bibliográfica

Para realizar este estudio se revisaron diversos documentos, específicamente relacionados con métodos para evaluar la calidad de suelos, los cuales evidenciaron coincidencia en relacionar el manejo de suelos y de cultivos a través del establecimiento de prácticas agrícolas, con las condiciones del suelo y su fertilidad, para de esta forma, entender la calidad del mismo, por lo que seguidamente se hará referencia a los diferentes aspectos encontrados en la literatura para evaluar la calidad de suelos, partiendo de diferentes conceptos de los elementos a considerar para la evaluación de suelos.

1.1. Principales conceptos que guardan relación con la calidad del suelo

El componente fundamental de los agroecosistemas son sus recursos, siendo entre ellos uno de los principales el recurso suelo, de cuya definición se trata a continuación:

1.1.1. Concepto de suelo. Para fines de este estudio la definición técnica propuesta por Soil Survey Staff (2006) no es la más útil, por lo que se tomará en cuenta su definición más tradicional dada por el científico ruso V.V. Dokuchaev (1926) donde se reconoce que debe llamarse suelo a los horizontes externos de las rocas, transformadas naturalmente mediante la acción conjuntamente del aire, agua y distintas clases de organismos vivos y muertos. Es un cuerpo natural que posee profundidad, espesor y longitud (tridimensional), es un producto de la naturaleza resultado tanto de fuerzas constructivas como destructivas y que crea un hábitat propicia para el desarrollo de las plantas económicas, existiendo una gran interrelación de sus diversos componentes.

Es un sistema integrado por tres fases y un grupo variable de constituyentes, que se encuentran en las capas superiores de la corteza terrestre y está afectado por todas las esferas que componen el planeta tierra (Martín y Durán, 2011).

Según Vandermeer (2011), el suelo está condicionado por cinco factores formadores naturales que son: 1. Material Parental. 2. Tiempo. 3. Clima. 4. Organismos. y 5. El Relieve. Estos factores locales deben ser tomados en cuenta en cualquier estudio de suelo. En esta investigación serán complementados con los efectos que su uso y manejo para la producción agrícola, pueden tener sobre las propiedades de los mismos.

Para Gliessman (2002), En los sistemas agropecuarios, el suelo es un recurso de especial relevancia, por ser la base de la producción y entre sus numerosas funciones se destacan:

1. Es hábitat de numerosos organismos.
2. Sostén y fuente de nutrientes de las plantas.
3. Influye en la mineralización, reciclaje, flujo de nutrientes y energía en especial de materia orgánica.
4. Regula parte del ciclo hídrico y del clima.

La producción agropecuaria requiere en sus procesos, de recursos naturales como el suelo, por lo que de la calidad que presente este recurso se deriva, la posibilidad de una producción que perdure en el tiempo, por lo tanto, Corrales (2002) la calidad puede variar y está determinada por cómo y con qué intensidad es explotado dicho recurso y el tipo de tecnologías empleadas en su manejo. El uso inadecuado de la tecnología es clave para la degradación de los suelos, por ejemplo, un sistema de labranza intensiva con el empleo de la maquinaria agrícola en zonas de pendiente pronunciada es una de las principales causas de la ocurrencia de procesos de degradación del suelo como la erosión.

Según continúa planteando este autor, también destacan entre las causas que degradan al suelo el uso de recursos externos, principalmente de origen sintético como los fertilizantes minerales, los cuales cuando son aplicados en cantidades extremas no contribuyen a la nutrición de los suelos, y pueden ocasionar síntomas de toxicidad o de infertilidad en el largo plazo, otro aspecto destacado en el sentido de la degradación del suelo por este autor, es el caso del uso irracional de hábitats naturales importantes para la conservación de la biodiversidad, que promueve la ampliación de la frontera agrícola, en vez del uso sostenible y adecuado aprovechamiento agrícola de las áreas ya existentes.

La mayoría de la bibliografía revisada en cuanto al uso y manejo agrícola del suelo coinciden en afirmar que producción y algunas prácticas en los sistemas productivos agropecuarios convencionales, generan numerosas consecuencias que pueden degradar la calidad de los suelos, hasta el caso extremo de dejarlos improductivos

(Vandermeer, 2011; Henríquez y Calbaceta, 1999). Entre estas consecuencias podemos mencionar:

1. La compactación por uso de maquinarias pesadas o sobrepastoreo.
2. La erosión por deforestación e uso intensivo de labranza.
3. Salinización por uso de aguas con altas concentraciones de sales solubles.
4. Contaminación por uso excesivo de pesticidas.
5. Pérdida de materia orgánica y nutriente, por no ser restituida con los insumos de origen sintético.
6. Pérdida de la diversidad de la biota del suelo, por uso de pesticidas, agroquímicos, y por el constante volteo del suelo al arar, que disturban su hábitat y los deja expuestos a condiciones extremas, entre muchos otros efectos que en general afectan la fertilidad o la estructura básica del suelo para poder producir.

1.1.2. Procesos de degradación de suelos que afectan su calidad

Erosión: es un proceso degradante de los suelos y en su desarrollo intervienen numerosos factores. Desde que una porción de tierra emerge del mar, un sedimento aluvial es depositado o un torrente de lava queda expuesto en la superficie de la tierra, comienzan a actuar sobre él los agentes exógenos: la atmósfera, las aguas superficiales y otros, en un ciclo geológico de destrucción y nueva formación. Con la irrupción del hombre y su actividad económica comienza la erosión acelerada, que a diferencia de la erosión geológica natural (con la excepción de cataclismos), puede provocar pérdidas irreparables (Suárez, 1998)

En Cuba como en otros países la deforestación ha jugado un papel decisivo, ya que el desmonte indiscriminado ha estado muy ligado al desarrollo de la industria azucarera (Ascanio y Riverol, 1983).

La erosión es ampliamente conocida por su efecto devastador, razón por la cual miles de toneladas/hectárea de suelos se pierden cada año y terrenos otrora fértiles se convierten en pedregales y solares yermos (Suárez, 1998).

El proceso erosivo continúa con el arrastre de las partículas en suspensión, donde la magnitud del arrastre está en dependencia de otros factores como: el grado de pendiente, la longitud de la pendiente, la resistencia que le ofrece la cobertura vegetal y

la capacidad del suelo para asimilar por infiltración el agua superficial, este último factor es primordial (Franco, 2008).

De lo dicho es evidente, que un suelo desnudo y con una infiltración disminuida puede hacer poco ante los agentes erosivos que actúan en las latitudes donde se ubica Cuba, donde las plantaciones de caña de azúcar pueden brindar una efectiva protección al suelo en un rango de pendientes no excesivo, tanto por la intersección que brindan a la lluvia, como por la resistencia que ofrecen a las aguas en escorrentía, si se siguen prácticas sencillas de conservación de suelos.

Todos los suelos están afectados por el flagelo de la erosión en un mayor o menor grado, excepto en los que la componente del lavado lateral es nula, de tal forma que suelos como los Ferralíticos donde ocurren con frecuencia procesos cársicos (depresiones, dolinas, etc.), lo sufren.

El proceso erosivo que más afecta, tanto por el área que abarca como por sus efectos, por ejemplo, en las plantaciones de caña de azúcar (*Sorghum halepenses*), es la erosión laminar. Esto se debe a que generalmente se subestima porque es difícil de reconocer visualmente al no desarrollar un patrón identificable como en el caso de la erosión en surcos, lo cual según Urquiza (2011), es una depresión lineal o canal vacío en el suelo que acarrea agua luego de precipitaciones. Los surcos se alinean en general de forma perpendicular a la pendiente y se forman en series de líneas de paralelas, por lo que la acción del agua forma los surcos.

En este caso la escorrentía se canaliza en depresiones que se profundizan con el tiempo formando surcos y entonces, el formado surco es, el resultado de la acción erosiva del agua en un canal. También es un medio para drenar rápidamente una parte reducida de un terreno y transportar eficientemente el sedimento erosionado de la zona de captación del surco (Urquiza, 2011).

Cuando aparecen los pequeños surcos de erosión tras una fuerte lluvia, es señal de que un proceso mucho más activo y prolongado de erosión laminar viene afectando, pero incluso en ese caso, se borran las huellas con el laboreo considerándolo un problema pasajero (Urquiza, 2011).

En la foto 1 se muestra la formación de surcos de erosión en áreas cañeras estudiadas en el municipio Rodas provincia de Cienfuegos (Padilla, 2012).

**Foto 1. Surcos de erosión**

Autor: Eliecer Padilla
Lugar: UEB Central "5 d septiembre", municipio Rodas,
provincia de Cienfuegos
Fecha: abril/2012

Padilla. E. (2012). "Evaluación de indicadores para el manejo sostenible de Tierra (MST) en la UBPC Carrasco del municipio Rodas, para mitigar el proceso de degradación de suelos. Trabajo de DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN PROCESO AGROINDUSTRIAL Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Cienfuegos, Tutora: MSc. Olimpia Nilda Rajadel Acosta. 60 pág.

Compactación:

Según Prezi (2013) la compactación del suelo ocurre cuando es sobrepasada su capacidad de soporte y se genera un aumento de su densidad aparente, se redistribuye el volumen poroso, afectando su funcionalidad expresado por la capacidad de conducir agua y aire, incrementándose el riesgo de compactación. Este proceso de degradación del suelo, se corresponde con la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él, que, en caso de la agricultura, dichas fuerzas externas, tienen su origen principalmente (Jones, 2006).

•Agricultura Sostenible

Sostenibilidad. Según Altieri (1999), la sostenibilidad en un sistema agropecuario, es la capacidad para mantener un nivel de productividad de los cultivos a través del tiempo sin exponer los componentes estructurales y funcionales de los agroecosistemas. El autor aclara, que esta sostenibilidad se consigue por medio del uso de tecnologías ecológicas, que visualicen el sistema productivo como un ecosistema donde el objetivo central no sean los rendimientos de un solo producto; sino la optimización del sistema como un todo.

Altieri y Corrales (2002) definieron a la sostenibilidad ecológica como aquella que busca que los recursos básicos para las actividades humanas sean aportados por el

ecosistema permanentemente, asegurando de esta forma el bienestar de la población humana. Para esto, las prácticas no deben explotar los recursos al límite de poner en riesgo la permanencia de los mismos. De esta forma se plantea que la sostenibilidad ecológica; debe mirar hacia la estabilidad y sostenibilidad de los recursos naturales, sin dejar de generar productos y servicios para el bienestar social.

Por su parte Altieri (1999) definió que la agroecología busca restablecer procesos ecosistémicos en los agroecosistemas, para que pueda existir un equilibrio en su interior, ser sostenibles y con esto a su vez asegurar la producción de alimento a largo plazo.

Partiendo de los numerosos impactos ambientales que han generado con el empleo de la agricultura convencional o tecnificada, han surgido respuestas alternativas, que básicamente buscan mantener la calidad de los recursos naturales, que son base de la producción agropecuaria, así puede señalarse el término llamado indistintamente agricultura sustentable o sostenible y que según Altieri (1999) se define como “un modo de agricultura que intenta proporcionar rendimientos sostenidos a largo plazo, mediante el uso de tecnologías ecológicas de manejo”.

En otros estudios este mismo autor, consideró que la agricultura sostenible pasa de una visión puramente técnica, hacia una más compleja e integral, donde se toman en cuenta aspectos sociales, culturales, políticos y económicos que pueden influenciar sobre el sistema productivo. Sin embargo, señaló que la principal diferencia, es que la agricultura sostenible pasa a ver más allá de la producción económica y busca estabilidad ecológica dentro de sus sistemas productivos y la optimización del sistema como un todo, de donde surge el término agro ecosistema

En reportes efectuados por Gliessman (2002) se plantea que solo bajo una visión ecológica de los sistemas productivos, se puede generar manejos alternativos y eficientes que sean sostenibles, pero al mismo tiempo altamente productivos, para poder soportar la creciente población del futuro

Para Vandermeer (2011), la agricultura sostenible propone sistemas agrícolas autosuficientes, con alta diversidad de especies en su interior, reducción de agroquímicos y un uso eficiente de energía.

Al revisar lo planteado en la literatura para relacionar este modo de agricultura con el manejo se evidenciaron estudios como los de Parr et al.(1992) y Gliessman (2002) donde se reconocen que tener diversidad en los cultivos y vegetación, en general ayuda al control de plagas, dándole al agroecosistema la posibilidad de autorregularse de forma natural, debido a que la diversidad contribuye también a que el ciclo de nutrientes sea más cerrado, generando menor dependencia de insumos externos y mayor conservación del suelo. A su vez, Parr et al. (1992), plantean que existen prácticas y manejos que promueven dicha diversidad como podrían ser: las rotaciones de cultivos o policultivos, cultivos de cobertura para el suelo, agroforestería y sistemas agrosilvopastoriles.

Referente al empleo de una agricultura sostenible también destacan los estudios de Vandermeer (2011) que plantean como otro foco importante a considerar en el manejo de los agroecosistemas, se basa en la reducción o eliminación de agroquímicos. Sin embargo, plantean como condición indispensable, que para tener un sistema productivo eficiente es necesario buscar manejos que sustituyan dichos insumos, asegurando la nutrición de las plantas con elementos orgánicos y la protección a plagas y enfermedades por medio del manejo integrado de plagas.

Para garantizar lo antes planteado, Altieri y Vandermeer (2011) promueven la necesidad de contar con agroecosistemas complejos, donde exista alta diversidad y que de esta diversidad surjan numerosas interacciones, haciendo que los componentes biológicos sean capaces de igualar los ciclos de materia y energía que se dan en los ecosistemas naturales.

El hecho de que algunos productores continúen teniendo un enfoque no sistémico de sus fincas u organizaciones agrícolas, visualizando cada parte por separado y no como un todo, hace que predomine la agricultura convencional, donde por ejemplo, la deficiencia de un nutriente es visualizada como el culpable de la mala producción; esto según Altieri (1999), en vez de analizar que esa deficiencia es sólo la manifestación de un sistema que se encuentra en desequilibrio y que por lo tanto, debe ser tratado en su totalidad.

En la agricultura sostenible se parte de la idea que un “cultivo es un ecosistema en el cual los procesos ecológicos también ocurren, procesos tales como ciclaje de

nutrientes, interacciones de depredador/presa, competencia, comensalía y cambios sucesionales” (Hecht, 1999). Sin embargo, en los sistemas de producción agrícola a diferencia de ecosistemas naturales; dichos procesos se ven influenciados por factores sociales y económicos que definen entre otras cosas, las poblaciones de utilidad agrícola, los insumos, recursos, dinero, que van a ingresar al sistema (Altieri 1999; Hecht, 1999).

León y Vandermeer (2011) resaltan que buscar un buen manejo del suelo representa un requisito para la sostenibilidad de la producción agropecuaria. Hacen énfasis en revertir procesos erosivos, en replantear las técnicas de labranza, de la reposición de materia orgánica, uso de cultivos de cobertura, además de la rotación de cultivos con leguminosas. Buscando la conservación de los suelos, pues como se ha mencionado, todas las actividades agropecuarias y forestales tienen como base de su producción, el componente suelo. Por lo que la especie humana depende directamente de la disponibilidad de suelos fértiles, capaces de producir para su alimentación y sustento (Gliessman, 2002).

•Agricultura orgánica

Dentro de las modalidades de agricultura sostenible, se encuentra la agricultura orgánica; la cual básicamente busca evitar hasta excluir totalmente todos los insumos de origen sintético; ya sean tanto los fertilizantes, como los pesticidas y fungicidas. Sin embargo, es importante comprender que, para tener una producción agrícola eficiente sin insumos sintéticos, es necesario aplicar prácticas que los sustituyan; promoviendo la fertilidad del suelo y su estructura; ofreciendo nutrientes para las plantas y el control de plagas (Altieri, 1999).

Según reportes de USDA. (1980) citado en Altieri (1999), dentro de las prácticas más usadas en la agricultura orgánica se pueden resaltar:

- Máxima utilización de la rotación de cultivos.
- Acumulación de materia orgánica en el suelo y fertilizantes naturales como abonos orgánicos (rastros vegetales, abono animal, abonos verdes, desechos orgánicos exógenos).
- Control biológico de plagas
- Diversidad de especies cultivadas (mayor estabilidad ambiental).

La agricultura orgánica va más allá de evitar el uso de insumos químicos; busca reemplazar fuentes externas como combustibles obtenidos fuera del sitio agrícola, por insumos que se pueden encontrar dentro o cerca al mismo. Busca también, lograr un ecosistema sostenible, alimentos saludables y nutritivos, bienestar animal y equidad social (Flórez, 2009).

Sin embargo, el no usar insumos químicos externos, no implica que los sistemas orgánicos sean anticuados, al contrario, son usadas prácticas de última tecnología combinadas con técnicas agrícolas conservacionistas para obtener una alta producción, pero sostenible en el tiempo (Gliessman, 2002).

•Sistema de Producción

Forero et al (2002) define sistema de producción como “una unidad espacial en la que se adelanta una actividad productiva agropecuaria, forestal, y/o agroindustrial, regulada por un agente económico, quien toma las decisiones de acuerdo a un cierto grado de autonomía, aunque condicionado por el entorno socioeconómico, político y cultural”.

Según Hart (1985), los sistemas de producción están conformados por dos subsistemas que son: el Sistema Socioeconómico y el Agroecosistema.

El sistema socioeconómico, está conformado por el grupo que maneja el agroecosistema, y como este grupo se organiza, dirige y realiza las actividades de acuerdo con su cultura y prácticas. Este sistema define los procesos que se dan en el agro-ecosistema y a su vez, se ve limitado por la estructura (componentes bióticos y abióticos) de este último. El agroecosistema como se ha explicado anteriormente, cuenta por lo menos, con una población de utilidad agrícola, posee entradas, componentes bióticos y abióticos, que interactúan y generan salidas o productos (Hart 1985; Hart 1990).

El sistema de producción puede estar fragmentado espacialmente, bien sea en lotes o fincas no continuas geográficamente, y existen a su vez diversas formas de tenencia y/o una combinación de estas (Forero et al. 2002).

La estructura del sistema productivo está relacionada con el número, tipo de componentes y su interacción (interacción de los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos) y para el análisis de los sistemas productivos, se debe integrar la totalidad de sus componentes (Hart ,1985; Hart, 1990).

• Agroecosistema

Dentro de la definición de agroecosistema; Gliessman (2002), afirma que es un sistema de producción agrícola visto bajo el enfoque de ecosistema, es decir, lo consideró de forma más explícita como “un sistema funcional de relaciones complementarias entre organismos vivos y su ambiente”.

Vandermeer, 2011); Flórez (2009) y Gliessman (2002), señalan que a pesar de las grandes diferencias tanto estructural como funcional, entre agroecosistemas y ecosistemas naturales también se presentan similitudes. Sin embargo, una diferencia clave radica en que los agroecosistemas son sistemas abiertos, donde entran insumos del exterior y los productos obtenidos pueden terminar en sistemas externos. Todo esto gracias a la intervención humana quien aporta energía, mediante la mano de obra, la maquinaria e insumos químicos y extrae los productos para su consumo o comercialización.

Al igual que en los ecosistemas naturales; los agroecosistemas poseen componentes bióticos (plantas, animales) y abióticos (clima, pendiente) que interactúan y son interdependientes. En conjunto estos componentes generan procesos dentro del sistema (Gliessman, 2002).

De estos procesos, Flórez (2009) resalta el procesamiento de nutrientes y el flujo de energía; este último entendido como la fijación de energía en la biomasa por medio de fotosíntesis y su posterior transferencia por los niveles tróficos. Así como, el procesamiento de nutrientes se refiere al ciclaje biológico de nutrientes de formas orgánicas a inorgánicas y viceversa.

El énfasis de los agros ecosistemas según Altieri (1999), son las interacciones entre la gente y los recursos de producción de alimentos al interior de un predio; con lo cual le otorga gran importancia al valor cultural. Es importante resaltar que este concepto (agroecosistema) está estrechamente relacionado con la teoría de sistemas, donde para explicar los fenómenos manifestados en algún componente; se debe estudiar al sistema como un todo y tomar en cuenta las interacciones que estos presentan; siendo esta, la única forma de comprender los fenómenos y poder tomar decisiones que mejoren la producción (Altieri y Hart, 1985).

1.2. Evaluación de la Calidad de suelos

1.2.1. Calidad del Suelo

El suelo representa un factor de producción y en este estudio se busca evaluar la calidad del suelo que determina la sostenibilidad de la producción en un agroecosistema, ambos conceptos definidos anteriormente, pero que en este caso se utilizarán en conjunto, debido que al evaluar calidad del suelo se busca de cierta forma conocer si es posible producir sosteniblemente en un suelo determinado (Corrales, 2002).

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

Por lo que un suelo de buena calidad, es aquel del que se pueden obtener cultivos, sanos y de alto rendimiento, con el menor impacto negativo sobre el ecosistema. Adicionalmente un suelo sano posee propiedades de regulación o amortiguación frente a perturbaciones naturales (ej. clima) o antrópicas, proporcionando un ambiente estable al crecimiento saludable de los cultivos. En otras palabras, los factores que determinan la calidad del suelo, son aquellos que influyen en el crecimiento del cultivo y muchos de estos factores no son propiedades de la fertilidad propiamente dicha, como puede ser la estructura del suelo (Karlen et al. 1992; Vandermeer, 2011).

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

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

Para evaluar la calidad de los suelos deben ser medidas u observadas las propiedades químicas, físicas y biológicas; haciendo énfasis en esta última debido que los

microrganismos e invertebrados del suelo cumplen un papel fundamental en la descomposición de la materia orgánica, así como en el ciclo de nutrientes. Adicionalmente los procesos biológicos contribuyen a la resiliencia y a la capacidad amortiguadora del suelo frente a cualquier estrés ambiental o antrópico. Paralelamente está el Carbono, el cual es un elemento esencial en los suelos, razón por la cual la materia orgánica representa un factor crítico al influir sobre casi todas las propiedades (físicas, químicas y biológicas) que definen la calidad del suelo, así como en el ciclo de nutrientes (Parr et al. 1992; Magdoff 1999; Karlen et al. 1992).

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

Para complementar López, (2005). afirma apoyado en estudios actuales que “un suelo sano, con adecuados contenidos de nutrientes y de materia orgánica, bien estructurado y manejado con visión integral, respetando los ciclos y las leyes de los ecosistemas, es garantía suficiente para obtener rendimientos altos (producción) y sostenibles”.

1.2.2. Indicadores de calidad del suelo

Para evaluar las condiciones del suelo existen una serie de indicadores de calidad estandarizados que sirven como referencia (SQI. 1996). Los indicadores permiten evaluar el estado de los suelos a través de observaciones o mediciones que nos indican si un suelo es sano, productivo o si, por el contrario; se encuentra degradado (Altieri y Nicholls, 2001)

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

- **Indicadores Químicos**

Dentro de la calidad del suelo está inmersa la fertilidad que puede ser evaluada por medio de indicadores químicos como el pH, Capacidad de Intercambio Catiónico, Carbono orgánico total, saturación de bases, etc. De la interacción de todos estos atributos que definen la fertilidad depende la producción vegetal en los agroecosistemas. Dentro de los componentes químicos se destaca el Carbono orgánico, del cual dependen directamente la diversidad y actividad de las poblaciones de fauna edáfica y microorganismos, así como muchas otras propiedades del suelo. (Parr, J et al. 1992; Magdoff, 1999; Karlen et al. 1992). Dentro de las propiedades químicas existe un proceso que es fundamental para la fertilidad del suelo y se trata del intercambio iónico entre el complejo de cambio (fase sólida o coloidal); con la solución del suelo que es de donde pueden absorber nutrientes las plantas. El complejo de cambio contiene cationes de Ca, Mg, K, Na, etc. adsorbidos. Estos iones al ser positivos pueden ser intercambiados por iones de la misma carga de la solución del suelo, surtiéndola nuevamente de los nutrientes extraídos (Ortega 1995; Malagon et al, 1995).

Tabla .1. Conjunto de indicadores Químicos propuesto para monitorear los cambios que ocurren en el suelo (Larson y Pierce, 1991; Doran y Parkin, 1994; Seybold et al, 1997).

Químicas		
Materia orgánica (N y C total)	Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión	Kg de C o N ha ⁻¹
pH	Define la actividad química y biológica	comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana	dSm ⁻¹ ; comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
P, N, y K extractables	Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental	Kg ha ⁻¹ ; niveles suficientes para el desarrollo de los cultivos

- **Indicadores Físicos**

La calidad del suelo puede ser descrita por algunos indicadores físicos como densidad aparente, infiltración, porosidad, estructura, características de los agregados, etc. que

influyen sobre diversos fenómenos como: el transporte de agua, nutrientes y aire, así como en la estimulación de procesos realizados por los microorganismos e invertebrados del suelo. Adicionalmente regula la emergencia de las plántulas, la penetración de las raíces e influye en los procesos de erosión (Karlen et al. 1992, Vandermeer 2011).

Tabla. 2. Conjunto de indicadores Físicos propuesto para monitorear los cambios que ocurren en el suelo (Larson y Pierce, 1991; Doran y Parkin, 1994; Seybold et al, 1997).

Propiedad	Relación con la condición y función del suelo	Valores o unidades relevantes ecológicamente; comparaciones para evaluación
Físicas		
Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo	% de arena, limo y arcilla; pérdida del sitio o posición del paisaje
Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial y la erosión	cm o m
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad	minutos/2.5 cm de agua y g/cm ³
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte, y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica	% (cm ³ /cm ³), cm de humedad aprovechable/30 cm; intensidad de precipitación

• Indicadores Biológicos

En el suelo viven una serie de organismos; los animales o fauna edáfica ejercen una función importante con respecto al ciclo de nutrientes. Estos organismos también afectan la evolución de los suelos participando de la mezcla de partículas orgánicas y minerales, en la formación de poros y agregados por materia fecal, por estas razones los organismos son considerados un factor formador del suelo (Gliessman 2002, López, 2005).

Con respecto al ciclo de nutrientes la mesofauna y macrofauna edáfica: 1. consumen materia orgánica y la simplifican o fraccionan. 2. mezclan el suelo y aumentan la porosidad mejorando las condiciones para la mineralización de la materia orgánica. 3. aumentan la disponibilidad de nutrientes con material fecal y controlan poblaciones de microorganismos (López, 2005; Pérez, 2010).

En el caso específico de las lombrices su presencia nos sirve como indicador de baja o alta aplicación de agroquímicos, debido a que son muy sensibles a estas sustancias (Pérez, 2010).

La microbiota edáfica contribuye a la mineralización de la materia orgánica, cumpliendo una función importante, pues de ella depende parte de la oferta de sales minerales y nutrientes asimilables por la planta. Influyen también en la humificación de la MO y fijación de nitrógeno por *Azotobacter*, *Clostridium* y simbiosis entre leguminosas y *Rhizobium*.f. lo que resulta esencial, pues el N puede ser un factor limitante para el crecimiento de las plantas. La microbiota participa de ciclos de nutrientes de varios elementos como: C, N, S, P, Ca, Fe, Mn, entre otros (López, 2005; Pérez, 2010).

Tabla. 3. Conjunto debiológicos propuesto para monitorear los cambios que ocurren en el suelo (Larson y Pierce, 1991; Doran y Parkin, 1994; Seybold et al, 1997).

Biológicas		
C y N de la biomasa microbiana	Potencial microbiano catalítico y depósito para el C y N, cambios tempranos de los efectos del manejo sobre la materia orgánica	Kg de N o C ha ⁻¹ relativo al C y N total o CO ₂ producidos
Respiración, contenido de humedad y temperatura	Mide la actividad microbiana; estima la actividad de la biomasa	Kg de C ha ⁻¹ d ⁻¹ relativo a la actividad de la biomasa microbiana; pérdida de C contra entrada al reservorio total de C
N potencialmente mineralizable	Productividad del suelo y suministro potencial de N	Kg de N ha ⁻¹ d ⁻¹ relativo al contenido de C y N total

1.2.2. Métodos para la evaluación de la calidad del suelo

El Soil Quality Institute define en su documento “Indicators for soil quality evaluation”, en 1996, lo que es la calidad del suelo y los indicadores para evaluarla; así como, explica también que para que sean utilizados los indicadores y las características que se pueden evaluar con ellos, pueden emplearse la “Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo” (USDA, 1999) y la “Guía Práctica para el Estudio Introductorio de los Suelos con un Enfoque Agrícola” (Henríquez y Calbaceta, 1999), en ambas se muestran métodos que permiten medir o evaluar algunos indicadores tanto en condiciones de campo como a partir de los resultados de laboratorio.

Las metodologías antes señaladas en el documento tienen como limitaciones para su uso que sólo indica los pasos a seguir, pero no posee métodos de interpretación de datos.

Otros métodos revisados son los aportados por Altieri y Nicholls(2001) que es el “Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en

el agroecosistema” y la Guía metodológica” de Pérez (2010), quienes proponen diversas formas de interpretar los datos obtenidos en campo, sin embargo, ambos métodos tienen como inconvenientes para su uso que los rangos se asignan en orden creciente de los valores o clases descriptivas, lo cual no permite la evaluación de valoraciones lineales y no lineales, lo que según Rossiter et al, 1995 en (Pérez2010) depende del “requerimiento óptimo para cada cultivo o agroecosistema específico”. Ejemplo de lo planteado puede señalarse: diversidad genética para la Valoración lineal de los rangos; donde la mayor diversidad genética representa mayor calidad de suelos. Ya en la valoración no lineal de los rangos, puede valorarse el pH; donde a mayor valor del pH no representa mayor calidad, debido a que el valor ideal para la producción es un valor intermedio, calificado como Neutro cercano a 7 y es a este valor que se otorga el rango 10.

Para el caso específico de Cuba desde el 2010 se implantó el Programa Nacional para la Conservación de los Suelos, Agua y Bosques en los Polígonos Demostrativos, con los estudios realizados por Urquiza et al. (2011) con el empleo de la METODOLOGÍA PERI para la implementación del MST, en los cuales se relacionan los efectos del manejo de los agroecosistemas y las prácticas agrícolas que se desarrollan en el tiempo por cultivos establecidos para calificar al sitio en diferentes categorías de tierra bajo manejo sostenible.

1.3. Efectos del manejo de agroecosistemas y prácticas agrícolas desarrolladas en función de la calidad del suelo

Podría decirse que este es el componente más importante del estudio, debido a que es en este ítem donde se encuentran los estudios más relacionados a la presente investigación, donde se pudo evidenciar que la calidad del suelo es un tema bastante investigado en agroecología donde por ejemplo autores como Parr et al. (1992) publicaron el artículo: “Soil quality: attributes and relationship to alternative and sustainable agricultura”, en el cual se apreció cómo relacionan la calidad de suelos a las prácticas agrícolas, afirmando que prácticas como rotación, reducción de insumos químicos, manejo integrado de plagas, entre otras, promueven una buena calidad del suelo.

Por otro lado, Karlen, Eash y Unger (1992) en la publicación de su artículo “Soil and Crop Management Effects on Soil Quality Indicators”, ilustraron la interacción entre las actividades humanas y factores naturales sobre la calidad del suelo. Estos autores proponen, que el uso de labranza mínima, los cultivos de cobertura, y la rotación de cultivos, son prácticas que contribuyen a la calidad del suelo; sin embargo, concluyeron que el factor crítico para una buena calidad del suelo, es el carbono, por lo que es fundamental la incorporación de materia orgánica.

Magdoff escribió un capítulo en la publicación de Altieri (1999), titulado “Calidad y Manejo del Suelo” donde hace énfasis en resaltar las propiedades de la materia orgánica viva y muerta. Y afirma que la materia orgánica, a pesar de representar únicamente entre el 1 y 6 % del suelo, influye sobre casi todas las propiedades (físicas, químicas y biológicas) que definen la calidad del suelo, así como, en el ciclo de nutrientes.

Otro estudio que aborda los efectos del manejo del suelo; es el de Castro (1999) titulado; “Degradación del Suelo en Zonas de Agricultura Comercial”, el cual está enmarcado en la problemática del mal manejo de los suelos en las zonas cálidas planas del país, usados para cultivos de maíz, arroz, ajonjolí, algodón, sorgo, etc. En esta investigación se realizó un experimento para evaluar la producción de los cultivos bajo cuatro sistemas de rotación y también la aplicación de abonos verdes procedentes de leguminosas. Los resultados mostraron que la producción mejoraba significativamente cuando se aplicaban abonos verdes semestralmente o cuando se rotaban con soya, siendo ambas, prácticas que permiten manejar los cultivos sosteniblemente.

A diferencia de los anteriores trabajos, el presente estudio se concentra en la evaluación de la calidad del suelo, pero en un Sistema Productivo, para precisar como la estructura, función y manejos influyen sobre el suelo, tomando algunos indicadores relevantes y de fácil aplicación, lo que representa un aporte para la ejecución de proyectos que reconozcan que una buena calidad de los suelos contribuye a la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios; en el marco de un desarrollo rural sostenible tanto económica como ambientalmente, por lo que en el presente estudio se pretende validar conceptos relacionados a la agricultura sostenible y comprender como estos enfoques promueven una mejor calidad del suelo y la sostenibilidad productiva

del sistema. La Figura 1, muestra un diagrama en el cual se organizan estructuralmente los conceptos que constituyen la fundamentación teórica de este trabajo.

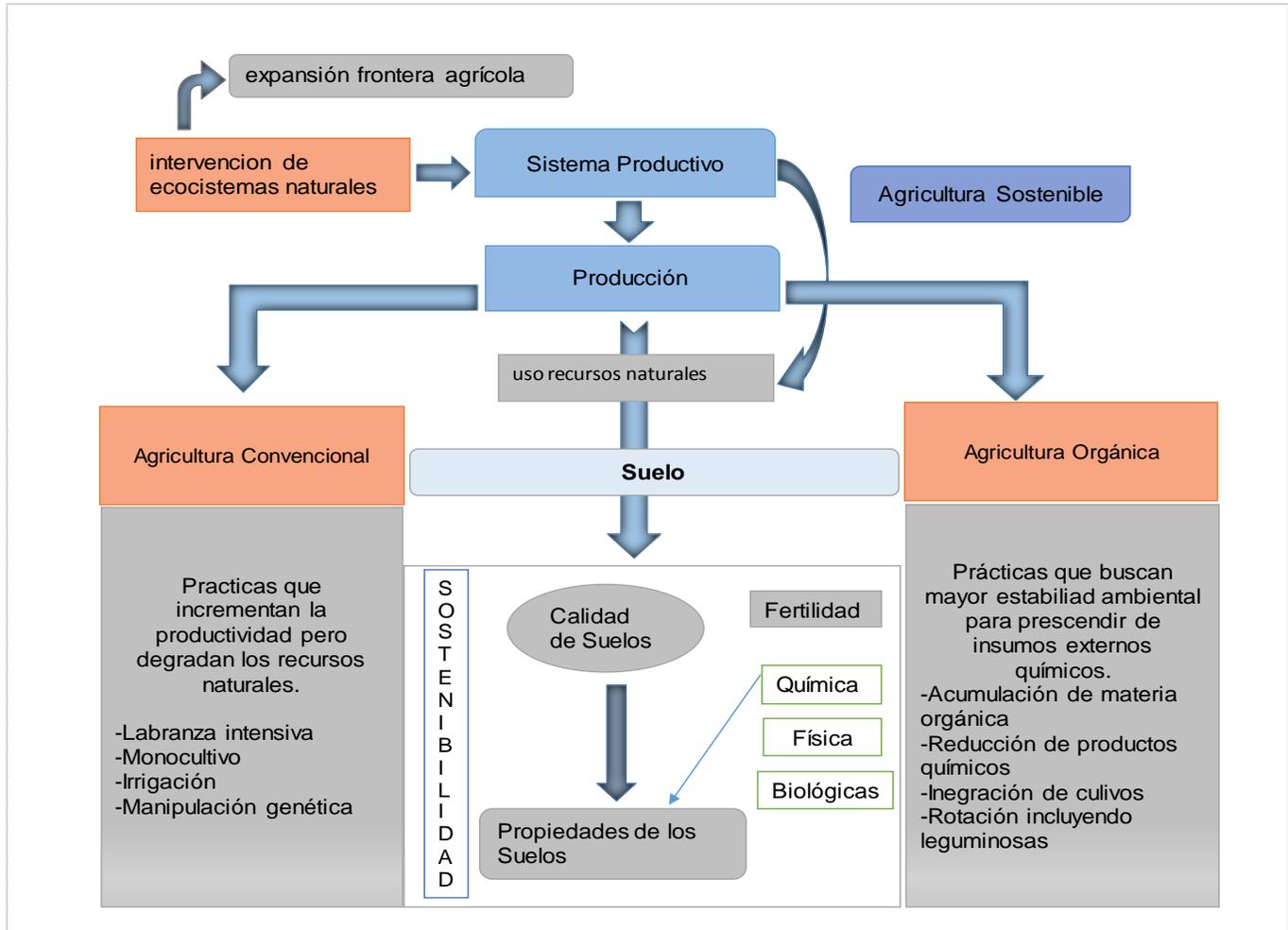


Figura 1. Diagrama que concentra algunos conceptos de la revisión bibliográfica.

1.4. Programas de acción para la mejora de la calidad del suelo y salud de cultivos en agroecosistemas.

El Programa de Mejoramiento y Conservación de Suelos mediante Rotación de Cultivos (2003): que incentiva la rotación de cultivos por la vía de bonificar hasta en un 40% el costo neto del cultivo cabeza de rotación y hasta en un 60% el costo neto del cultivo de segunda rotación, determinados en la tabla anual de costos.

Capítulo 2. Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la finca de semillas “Guasimal” (Polígono Demostrativo de Conservación y mejoramiento de Suelos, Agua y bosques) municipio Cienfuegos, durante el período septiembre de 2016 a mayo de 2018.

En el 100 % de la superficie agrícola de la finca, predomina el tipo de suelos Pardo sin carbonatos, Típico, según criterios de la II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (IS, 1989) y según la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández, 2015) se clasifica como Pardo Sialítico Mullido sin Carbonatos. Sus principales características son: medianamente profundo (p^3), medianamente humificado (h^3), textura loam arcilloso (f), poca graviliosidad (x_4), medianamente pedregoso (w_3), profundidad efectiva 25 cm (poco profundo) y poseen una pendiente ondulada (t_5) que oscila entre 4.1- 8.0 %.

Contextualización del método de investigación

Para trabajar en la contextualización del método de investigación, fue necesario documentar los siguientes apartados y presentar la información solicitada, para lo cual el procedimiento empleado en la investigación documental (de gabinete) y la investigación empírica (de campo), definió que el alcance de la investigación fueran experimental del tipo correlacional / múltiple, debido a que se determinó la posible correlación estadística de las variables bajo estudio, a través de las inferencias entre la muestra y la población, con lo cual se garantizó lograr un mayor grado de profundidad en la investigación propuesta.

Enfoque de la investigación, es de tipo mixto, ya que durante la misma se determinaron variables cuantitativas y se identificaron categorías cualitativas (Sampieri et al, 2010).

Instrumentos para recolectar información

Para la recolección de datos, se emplearon cuestionarios (encuestas) cuando la investigación requirió captar variables de tipo cuantitativa, y guías de entrevista para conocer información cualitativa. En el caso de la entrevista, se consideró establecer 4 a 5 preguntas abiertas y el tamaño de muestra fue suficiente 12 personas entrevistadas, permitiendo obtener un número importante de categorías (Rodríguez et al, 2012).

Se empleó además Hojas de Trabajo, que permitieron realizar el levantamiento de los datos actuales sobre la situación bajo estudio (Reyes, 2012).

Diseño de investigación

Se estructuró en tres fases:

2.1. Evaluación de la calidad del suelo en cuanto a las propiedades de los suelos de la finca de semillas “Guasimal”

2.2. Comparación del estado de la calidad del suelo de la finca con los indicadores de impacto establecidos por el Instituto de Suelos en los polígonos demostrativos de Conservación y Mejoramiento de Suelos, Agua y Bosques.

2.3. Propuesta para tomar acciones encaminadas a la mejora de la calidad del suelo partiendo del empleo de indicadores de Manejo Sostenible de Tierras.

Procedimiento de trabajo por fases

2.1. Evaluación de la calidad del suelo en cuanto a las propiedades de los suelos de la finca de semillas “Guasimal”

Para comenzar la investigación, se realizó un recorrido por las áreas agrícolas de la finca, teniendo en consideración la observación de la situación que presenta y las principales limitantes del suelo para el uso agrícola y que inciden de forma negativa en la calidad del suelo y salud de los cultivos.

- **Caracterización socio-económica de la finca**

Primeramente, partiendo del universo de trabajadores se obtuvo la muestra de los que debían formar parte del grupo de informantes clave. Para tal fin, se establecieron como criterios de selección los siguientes:

- años de experiencia laboral
- conocimiento del tema y de la unidad productiva
- nivel de escolaridad
- edad
- sexo
- categoría ocupacional

Seguidamente, les fue aplicado un test de conocimientos para determinar su nivel de competencias en el tema de investigación, cuyos datos se procesaron de forma estadística a través del Análisis de frecuencia (Paquete Automatizado SPSS v.22), lo

cual se muestra en el Anexo 1. Para evaluar los temas del test de conocimientos, se empleó la Escala Likert, donde 1 es el menor valor y 4 es el mayor, esto último también permitió identificar el nivel de conocimientos de los trabajadores que existe en la finca en relación al tema de investigación (Rodríguez et al, 2012).

A continuación con la aplicación de la revisión documental, se procedió a efectuar la caracterización de la situación económica de la finca, tomando en consideración informes económicos y financieros; así como, informes de producción, con el fin de conocer la situación actual de las atenciones culturales que se desarrollan en la finca, los cultivos que se han establecido, los resultados productivos alcanzados y las medidas de conservación y mejoramiento de suelos realizadas, todo para un período comprendido en los últimos cinco años (2013-2017).

- **Caracterización de la situación actual de algunas Herramientas del Manual de suelo y su interacción con la calidad del suelo.**

Teniendo en consideración que la calidad del suelo abarca estos componentes del suelo antes mencionados y sus interacciones, para captar la naturaleza holística de la calidad del suelo de la finca objeto de estudio, se empleó la observación directa y las mediciones en campo.

Procedimiento para las mediciones de campo

Se empleó el método de transectos lineales, los que se ubicaron en los campos donde en el recorrido realizado inicialmente, la observación visual y la revisión documental (mapa de suelos) e informe del Diagnóstico del Polígono (2015), se conoció cuáles fueron los campos con mayores problemas que inciden en la calidad del suelo (tanto factores limitantes para el uso agrícola del suelo como nivel de fertilidad) para ubicar los transectos de investigación. De lo anterior se derivó la ubicación de tres transectos:

T1: Área bajo cultivo: boniato (*Ipomea batata*)

T2. Tierras en preparación

T3 Área con cultivos permanentes (bosque más de cinco años sin uso agrícola)

En las figuras 2 y 3 se describe el procedimiento de trabajo seguido para las mediciones realizadas en cada transecto de investigación. Los datos aportados por las mediciones se recogieron en las hojas de trabajo establecidas para cada herramienta metodológica empleada y la situación actual de la variable medida, se evaluó y se calificó tomando en

consideración los rangos y parámetros establecidos también en las herramientas utilizadas.

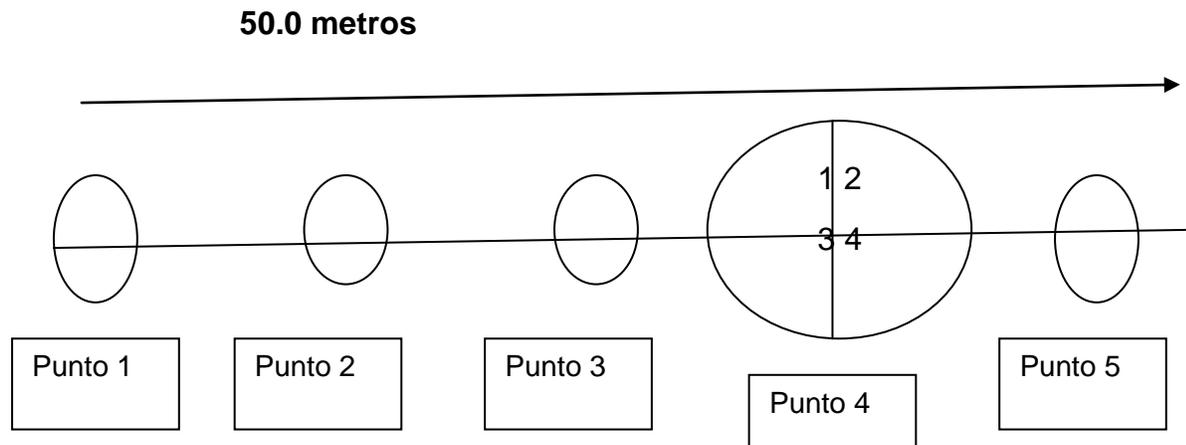


Figura. 2. Procedimiento para la toma de muestras en el campo con el método de transectos

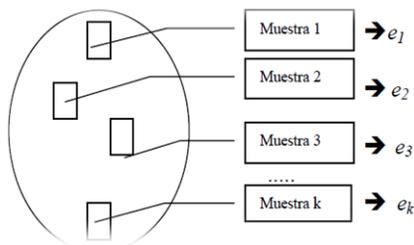


Figura. 3. Ubicación de los puntos de muestreo por cada transecto.

Los indicadores de calidad (físicos) se evaluaron con la aplicación de parámetros que aparecen en la Guía para la Evaluación Visual de Suelos (Shepherd, et al 2000) y en la Guía para el empleo de Herramientas Metodológicas descritas en el Manual para la implementación del Manejo Sostenible de Tierras (MST) elaborado por Urquiza et al. (2011). A continuación, se relacionan en la Tabla 4 las Herramientas Metodológicas empleadas, con sus correspondientes procedimientos, puntaje y calificación.

Tabla.4. Relación de herramientas metodológicas empleadas

Herramienta Metodológica	Procedimiento de trabajo	Puntaje	Fuente
Evaluación de la desagregación y dispersión de los suelos	Para conocer la degradación del suelo se empleó la observación visual de la presencia de procesos erosivos según el comportamiento del color del suelo.	Se juzgó visualmente el grado de dispersión del agregado en una escala de 0 –4	MST
Medición de profundidad de enraizamiento	Se midieron las raíces con una regla por cada cuadrante de la zona de muestreo por lo que se obtuvo doce muestras de la profundidad de enraizamiento.	Se juzgó visualmente el grado de profundidad de las raíces en una escala de 0 – 2	EVS
Medición de raíces expuestas (barreras vivas)	Se midió la distancia desde la superficie del suelo al punto de la planta que originalmente se encontraba a ras de suelo. Se tomaron varias mediciones para calcular una pérdida promedio de suelo.	Se juzgó visualmente el grado de raíces expuestas	MST
Estructura del Suelo (piso de aradura)	Se midieron los pies de arado se encentraron y describieron al comparar las partes superior e inferior del bloque de tierra en la pala.	Se juzgó visualmente el grado de afectación del piso de aradura en una escala de 0 – 2	EVS
Distribución en tamaño de los agregados	Los agregados se ordenaron por tamaño, de forma que los más pequeños se acumularon arriba y los más gruesos debajo, luego se midió el grosor de la capa que formaron por separado.	Se juzgó visualmente el grado de la distribución en tamaño de los agregados en una escala de 0 – 2	EVS
Cuantificación de la población de lombrices	Se procedió a contar por cuadrante en los transectos la cantidad de lombrices que se pudieron apreciar de forma manual.	Se juzgó visualmente el grado de la distribución de lombrices en una escala de 0 – 2	EVS

Tabla.4. Continuación			
Herramienta Metodológica	Procedimiento de trabajo	Puntaje	Calificación
Medición de montículo en la base del árbol (barreras vivas)	Se comparó el nivel de la superficie bajo los árboles y al descubierto. La diferencia de altura entre los árboles y las zonas a su alrededor da una aproximación de la pérdida de suelo ocurrida durante la vida del árbol.	Se juzgó visualmente el grado acumulación del montículo en la base del árbol	MST
Medición de surcos de erosión	Se midió la profundidad, el ancho y el largo del surco	Se juzgó visualmente el grado de presencia de los surcos de erosión en una escala de 0 - 2	EVS
Tendencia del rendimiento en el tiempo	Se realizó la reconstrucción de una línea de tiempo en el rendimiento de un cultivo ayuda a identificar las causas del cambio de rendimiento y la extensión del impacto del cambio		MST

Fuente. Manual para la implementación del MST (Urquiza et al, 2011) y Shepherd, et al 2000

Para calificar la calidad del suelo una vez obtenida la información de las mediciones en campo con las herramientas Metodológicas del Manual antes citado, se empleó los parámetros establecidos en la Guía de EVS (Shepherd, et al 2000) que aparece a continuación en la tabla 7.

Tabla.5. Escala de calificación visual de la Guía de EVS (Shepherd, et al 2000)

Calificación visual	
Bueno	2
Moderado	1
Pobre	0

Fuente: Guía de EVS (Shepherd, et al 2000)

Para evaluar las herramientas metodológicas que no presentan escala se le asignó una escala de 0 - 4 para llevar de datos cuantitativos a cualitativos guiándonos por los parámetros establecidos en otras herramientas.

Tabla. 6. Escala de calificación visual de las Herramientas Metodológicas descritas en el Manual para la implementación del Manejo Sostenible de Tierras (MST) elaborado por Urquiza et al. (2011)

Calificación visual	
No hay incidencias	4
Pocas incidencias	3
Incidencias notables	2
Gran incidencias	1
Incidencias en todo el campo	0

Tabla.7. Evaluación de la calidad del suelo según indicadores visuales.

Indicadores visuales de la calidad del suelo	Calificación visual	factor	valor
La desagregación y dispersión de los suelos		X2	
Profundidad de enraizamiento		X3	
Raíces expuestas		x2	
Estructura del Suelo (piso de aradura)		X3	
Distribución en tamaño de los agregados		x3	
Población de lombrices		x2	
Montículo en la base del árbol		X2	
surcos de erosión		X2	
total			
Evaluación de la calidad del suelo	Índice de calidad del suelo		
Pobre	< 25		
Moderada	25-50		
Buena	>50		

Fuente: Guía de campo para la EVS (Shepherd, et al 2000), y empleo de Herramientas Metodológicas descritas en el Manual para la implementación del Manejo Sostenible de Tierras (MST) elaborado por Urquiza et al. (2011) adaptado a los indicadores medidos en campo.

Análisis de datos

La información captada se recogió en hojas de trabajo que permitieron elaborar bases de datos en hojas EXCELL y su procesamiento estadístico con el empleo del Programa estadístico SPSS V. 22, realizándose análisis multivariado y de correlación.

2.2 Comparación del estado de la calidad del suelo de la finca con los indicadores de impacto establecidos por el Instituto de Suelos en los polígonos demostrativos de Conservación y Mejoramiento de Suelos, Agua y Bosques

Antes de realizar la comparación, primeramente, fueron seleccionados los indicadores de impactos establecidos por el IS (2015) a utilizar, para lo cual se empleó el criterio de los informantes clave, a los cuales se les entregó un cuestionario con todos los indicadores establecidos para cada dimensión y se les solicitó que calificaran con valor 1 los que se debían utilizar y con cero (0) los que debían desecharse. A los datos aportados se les hizo un análisis de frecuencia que permitió identificar los indicadores que más veces fueron calificados con valor 1 (Anexo2)

Para la comparación del estado de la calidad del suelo con los indicadores de impacto, se estableció un análisis multivariado de Regresión y Correlación, donde la variable dependiente es el estado de calidad del suelo (Indicadores visuales de la calidad del suelo) y la independiente los indicadores de impacto seleccionados.

- **Identificación de la relación fertilidad del suelo / calidad del suelo en la finca de semillas “Guasimal”**

Partiendo del análisis de los indicadores de calidad del suelo medidos en campo y de la recopilación de datos de la productividad (cinco años) se determinó el comportamiento de la fertilidad del suelo a través del rendimiento de los cultivos establecidos en la finca, empleándose la Herramienta Metodológica Tendencia del rendimiento en el tiempo.

Luego para cada indicador medido (valor o clase descriptiva) se le asignó un rango de 1-10; siendo 1 el valor menos deseable y 10 el valor que representa la mayor calidad de los suelos (Anexo 3). De esta forma, los indicadores medidos permitieron interpretar directamente la tendencia a la calidad (a mayor valor de rango representa mayor calidad del suelo) lo que permitió identificar la posible relación fertilidad del suelo / calidad del suelo y salud de los cultivos en la finca de semillas “Guasimal” (Rodríguez et al, 2012)

2.3. Propuesta para tomar acciones encaminadas a la mejora de la calidad del suelo partiendo del empleo de indicadores de Manejo Sostenible de Tierras

La propuesta describe una metodología, cuyos pasos y procesos permitieron evaluar la calidad del suelo y salud de los cultivos partiendo del empleo de indicadores de Manejo

Sostenible de Tierras establecidos por el IS (2015) para diagnosticar los Polígonos de Conservación y mejoramiento de suelos, agua y bosques; así como, medir su estado actual con las herramientas metodológicas del manual antes citado.

Los datos aportados describen los factores que potencian los procesos degradativos que inciden de forma directa en la calidad del suelo y la salud de los cultivos, asociándolos al desarrollo económico-social de la finca estudiada.

Los problemas identificados serán evaluados por el criterio de los informantes claves (criterio de expertos) en una Matriz Véster (Anexo 4)

Partiendo de los análisis anteriores y con los problemas clasificados como críticos y como activos con el empleo del criterio de los informantes clave se elaboró el plan de acciones encaminadas a la mejora de la calidad del suelo y salud de los cultivos, que se propone derivado de la presente investigación y que se organizará en una matriz con cuatro columnas las que contendrán la información siguiente:

Matriz para conformar el contenido del Plan de acciones

Columna 1. Se relaciona el problema identificado, el cual debe ser resuelto en el corto y mediano plazo (según se valore por su incidencia en la calidad del suelo y salud de los cultivos)

Columna 2. Se describe en qué consiste la magnitud de la incidencia del problema en la calidad del suelo y salud de los cultivos.

Columna 3. Se describe la o las acciones a realizar para mitigar o eliminar el impacto negativo del problema.

Capítulo 3. Resultados y discusión

La investigación se realizó en la finca Guasimal perteneciente a la provincia de Cienfuegos, municipio del mismo nombre, cuenta con una superficie total de 36.35 ha, dedicada totalmente a la siembra de semillas para cultivos varios, limita al Norte con la carretera de Cienfuegos- Cumanayagua; al Sur con la faja protectora del Jardín Botánico de Cienfuegos; al Este con finca particulares; al Oeste con la carretera Cienfuegos-Trinidad. Pertenece a la UEB Aseguramientos Cienfuegos.



Figura .4. Mapa de Cuba con ubicación de todos los polígonos de conservación de suelo que se encuentran actualmente en el país

3.1. Resultados de la evaluación de la calidad del suelo en cuanto a las propiedades de los suelos de la finca de semillas “Guasimal”

Como resultados del recorrido efectuado a la finca objeto de estudio se pudo observar la situación que presentan los suelos de la misma, identificándose como principales limitantes para el uso agrícola y que inciden de forma negativa en la calidad del suelo y salud de los cultivos los que se relacionan a continuación en la Tabla 6.

Tabla .8. Relación de factores limitantes para el uso agrícola de los suelos

Campos	Factor limitante	Porcentaje de área afectada (%)
Campo 1	Medianamente erosionado	2
Campo 2	Pendiente ondulada	100
Campo 3	Encharcamientos	6
Campo 4	Pérdida de suelo por arrastre	3
Campo 5	Poca presencia de lombrices	100
Campo 6	Pendiente ondulada en todo el terreno	100
Campo 7	Algunas afectaciones de plantas indeseables	1
Campo 9	Problema con el sistema de riego	80
Campo 10	Ligeramente afectado por las labores de preparación	10
Campo 11	Medianamente erosionado	2
Campo 12	Pendiente ondulada	100

Fuente: informe del diagnóstico de la medición de impacto del polígono (2015)

Los factores limitantes que se muestran en la tabla anterior, a pesar de haber sido medidos de forma separada en los diferentes campos de la finca, se puede inferir que, en sentido general, la finca está afectada por un rango de pendiente de 4.1- 8.0 % con lo cual es evidente la necesidad de implementar medidas sencillas de conservación de suelos.

También es preciso señalar que en esta finca la mayoría de los campos se encuentran afectados por procesos de compactación, lo cual es una consecuencia directa del empleo de malas prácticas agrícolas como es el caso de las labores de preparación que de forma intensiva se han efectuado con la maquinaria agrícola.

Los resultados que se encontraron en la finca guardan coincidencia con lo planteado por Cruz (2001), cuando aseguró que los sistemas de laboreo inciden de forma directa en las propiedades del suelo y que se demanda efectuar medidas como la rotación de cultivos y otras acciones de mejoras para lograr la distribución radicular adecuada y un mejor rendimiento, todo lo cual condiciona que se mejore la calidad del suelo y la salud de los cultivos.

- **Resultados de la caracterización socio-económica de la finca**

Composición de la fuerza laboral:

En la figura.5, se muestra la información relacionada con la fuerza laboral, desglosada por la cantidad de trabajadores.

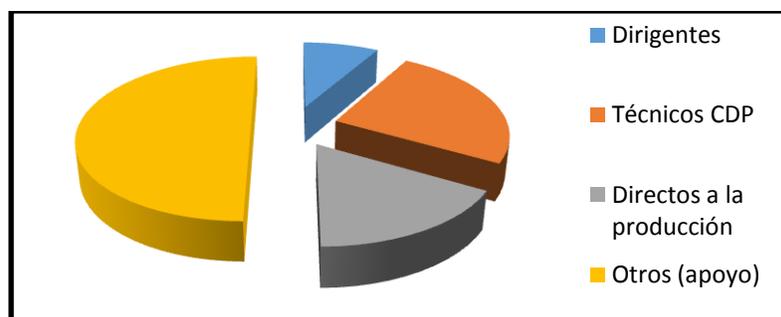


Figura.5. Desglose de la fuerza laboral de la finca Guasimal

Fuente: informe del Diagnóstico de medición de los indicadores impacto del polígono (IS, 2017)

Resultados del test de conocimientos

Con el test de conocimientos se determinó que del total de trabajadores encuestados que constituyen el universo de la finca, 12 tienen las competencias para ser incluidos en el grupo de informantes clave. La mayor cantidad de competencias se refieren a:

- Rendimiento de los cultivos
- Calidad de los rendimientos
- Disponibilidad de la semilla
- Calidad de la semilla
- Calidad de la materia orgánica (MOS)
- Conocimientos de alternativas para la conservación de suelo
- Efectividad de las barreras vivas
- Que es la erosión de suelo

En la tabla. 7 se muestra el porcentaje de los informantes clave que califican a los temas evaluados en los diferentes rangos evaluativos asumidos para el desarrollo de la presente investigación.

Tabla. 9. Resultados de la evaluación del nivel de conocimientos de los trabajadores de la finca

tema evaluado	Por ciento (%)			
	1	2	3	4
Calidad de la semilla	-	-	25	75
Calidad de la MOS	-	9	50	41
Efectividad de las barreras vivas	-	0	42	58
Calidad de los rendimientos	-	0	58	42
Rendimiento de los cultivos	-	0	67	34
Estado del suelo	-	42	58	-
¿Conoce usted qué es la erosión de suelo?	-	17	25	58
Conocimientos de alternativas para la conservación de suelo	-	-	67	34

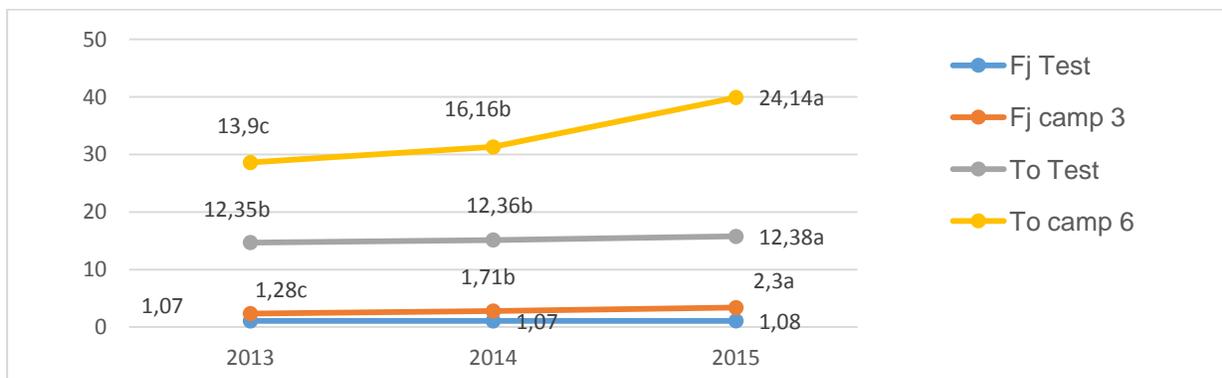
Fuente: elaboración propia

Como parte del análisis del test se identificó, que en la finca existe un nivel de conocimiento que puede ser considerado entre los rangos de evaluación 3 y 4, los que se corresponden con las calificaciones Bien y Excelente, respectivamente. Este nivel de

conocimientos se debe a que en esta finca según los datos aportados por la revisión documental pudo comprobarse la existencia de programas de capacitación enfocados al uso y manejo de los recursos naturales involucrados en la producción agrícola, y a la estrecha vinculación de la finca con diferentes instituciones donde se aporta conocimientos como la Escuela provincial de capacitación de la Agricultura, la Universidad de Cienfuegos, la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF); así como, recibe asesoramiento sistemático de los especialistas del MINAG en la provincia, y por la confluencia en la misma de varios proyectos de colaboración internacional que planifican de forma sistemática acciones de capacitación en estos temas.

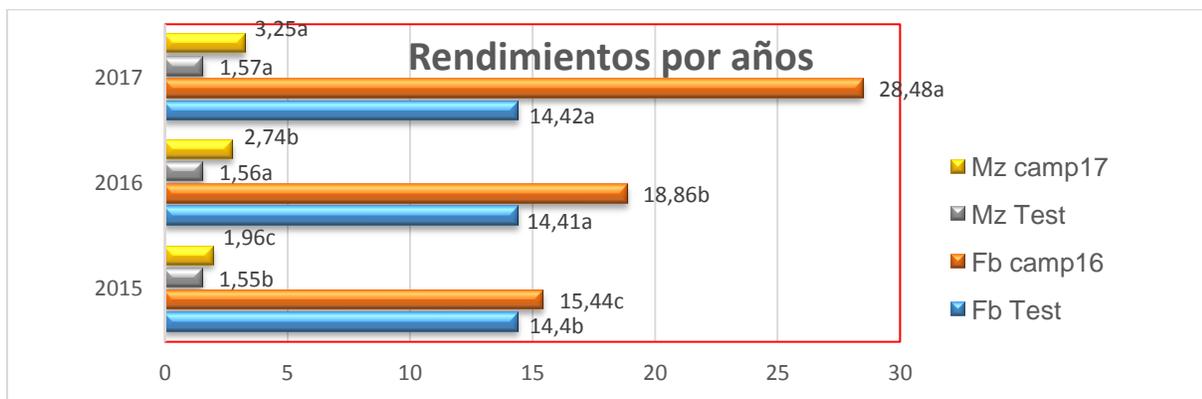
A continuación, en las figuras 6, 7 y 8, se deriva el análisis de los informes de producción del período comprendido en los años 2013-2015

Análisis de los rendimientos de la finca Guasimal



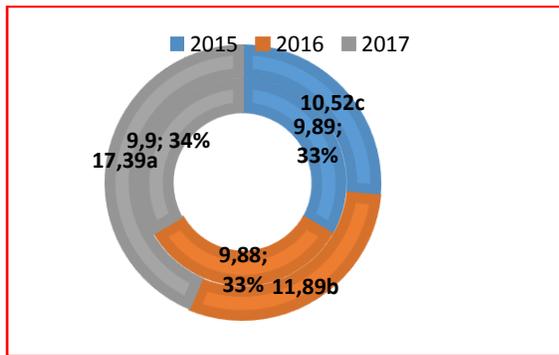
Medias con letras desiguales, difieren significativamente, $p < 0.05$

Figura.6. Comportamiento de los rendimientos de frijol y tomate



Medias con letras desiguales, difieren significativamente, $p < 0.05$

Figura.7. Comportamiento de los rendimientos de fruta bomba y maíz



Medias con letras desiguales, difieren significativamente, $p < 0.05$

Figura. 8. Comportamiento de los rendimientos del boniato

Como se aprecia en los resultados productivos de las figuras anteriores durante estos cinco años, la finca ha contado con un resultado productivo por cultivos bastante equilibrado con una tendencia a mantenerse en el tiempo, conjuntamente con este comportamiento histórico y las condiciones o propiedades de sus suelos permitió que el ministerio de la Agricultura en la provincia tomara la decisión de que el uso de suelos de la misma fuera para los cultivos varios y de forma específica, se dedicara a la siembra de semillas de cultivos varios.

También de este análisis, se obtuvo la situación actual de las atenciones culturales que se desarrollan en la finca en función de los cultivos que se han establecido, lo que permitió establecer una relación entre los resultados productivos alcanzados y las medidas de conservación y mejoramiento de suelos realizadas, en el período comprendido por los últimos cinco años (2013-2017) y que se muestra a continuación en la figura 9.

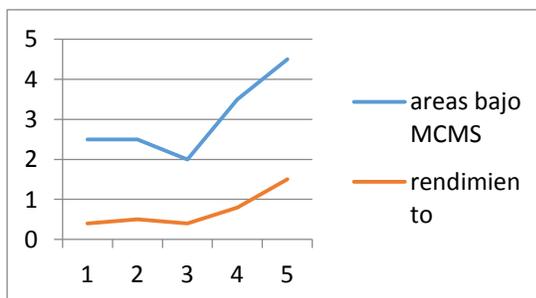


Figura 9. Relación rendimiento del cultivo maíz (período 2013-2015) con implementación de medidas de conservación y mejoramiento de suelos

Según lo que se aprecia en esta figura se puede plantear que en las áreas bajo medidas de conservación y mejoramiento de suelos se observó que el cultivo establecido (maíz), durante período 2013-2015, ha tenido una tendencia al incremento en cuanto al rendimiento agrícola, lo cual puede ser atribuido entre otras causas, a la implementación del sistema de riego en estos campos y a la implementación de medidas de conservación de suelos como las barreras vivas y la siembra en contorno.

En diferentes estudios efectuados en Brasil y Estados Unidos realizado por investigadores como Pretty y Koochafkan (2002) se reportan incrementos de los rendimientos de maíz con una mejora del 67 % de 3 a 5 tha^{-1} y se ha alcanzado un mayor impacto positivo en la calidad del suelo, la retención de humedad y la demanda de fuerza de trabajo, además de reducir en 40 a 70 % el uso de combustibles fósiles cuando se han empleado medidas de conservación y mejoramiento de suelos como labranza cero, uso de abonos verdes y de cultivos de cobertura, incorporación de leguminosas en las rotaciones de cultivos , entre otras.

De igual modo existe coincidencia con lo reportado por Fernández (2008) que consideró que la incorporación de la siembra directa con el no laboreo del suelo y la acumulación de rastrojos en superficie, cumple un rol importantísimo en el mantenimiento de las propiedades edáficas y que además esta técnica debe ser acompañada con el empleo de abonos verdes y la rotación de cultivos para lograr una agricultura sustentable.

En la tabla 8 se muestran las medidas de conservación de suelos aplicadas en la finca Guasimal desde el 2013 hasta la actualidad (junio 2017).

Tabla.10. Medidas de conservación del suelo/área beneficiada aplicadas (2013).

Unidad productiva	Medidas empleadas	Área beneficiada por medidas(ha)
Guasimal	1. Barreras Vivas.	36.35
	2. Siembra en contorno.	36.35
	3.Siembra cobertura viva	0.8
	4. Incorporación de Abonos Verdes.	2.5
	5. Incorporación de M. Orgánica.	6.5
	6.Arope	2.5
	7.Cobertura Muerta	2.5
	8. Mantenimiento	36.0
	9. Barrera Muerta	0.3
	10. Tranque	2.6
	11. Subsolación	22.7
	12. Recogida de piedra	2.5
	13. Relleno	0.033

Fuente: Informe del Diagnóstico del polígono demostrativo de conservación de suelo.

- **Resultados de la caracterización de la situación actual de la medición de las herramientas metodológicas del suelo aplicadas y su interacción con la calidad del suelo.**

A partir de los resultados encontrados con el empleo de la observación directa y las mediciones realizadas en campo con el apoyo de las herramientas Metodológicas se derivan los análisis que a continuación se describen:

-Resultados de las mediciones en campo

a) Evaluación de la desagregación y dispersión de los suelos

Como resultado de las mediciones de la desagregación y dispersión de los suelos se puede apreciar que la dispersión fue moderada por lo que se puede concluir que en la finca se aprecia una degradación y una dispersión parcial en todos los campos medidos. (Shepherd, et al 2000)

b) Medición de profundidad de enraizamiento



Los resultados de las mediciones unos campos arrojaron como resultado promedio una profundidad de 41,5 cm con lo que se consideran moderados por lo que restringe al desarrollo de la raíz, limita a la captación de nutrientes y aumenta a la susceptibilidad de la planta a las enfermedades. Con lo expuesto anteriormente podemos relacionarlo con una deficiente preparación de suelos que trae por consecuencias compactación en las capas internas u horizontes subyacentes conocido como piso de arado que limita la profundidad de enraizamiento (Shepherd, et al 2000).

c) Medición de raíces expuestas (permitió evaluar la pérdida de suelos en las barreras vivas establecidas)

Como resultado de esta herramienta se obtuvo que las mediciones de las raíces expuestas promedian 2,6 mm por lo que según la clasificación que se le dio se pueden considerar moderada ya que al encontrarse raíces expuestas las barreras vivas no son consideradas una herramienta que está siendo eficiente por lo que pueden ser retribuidas a una menor distancia para la eficiencia de la misma y se establezca una adecuada medida de conservación de suelo (Shepherd, et al 2000).

d) Estructura del Suelo



Como resultado de esta medición se encuentra que es un suelo que presentan una proporción significativa de terrones densos, firmes y de agregados fiables, finos por lo cual se consideran como suelos moderados.

e) Distribución en tamaño de los agregados

El suelo contiene una proporción importante tanto de terrones grandes y sólidos, como de otros pequeños y fragmentarles. Por lo que se consideran suelos moderados

f) Cuantificación de la población de lombrices

Las lombrices juegan un papel mayor, a través de su excavar, mientras se alimentan, lanzan y descomponen cíclicamente la materia orgánica y los nutrientes. Ellas también pueden mejorar la porosidad del suelo, la aireación, la infiltración, de agua y conductividad, el tamaño de los agregados y la estabilidad. También reduce la superficie compactada y aumenta el crecimiento de la raíz. En consecuencia, los rendimientos de los cultivos se mejoran considerablemente (Shepherd, et al 2000). Como resultado de la cuantificación de las lombrices se apreciaron que la existencia de la población de las lombrices es una restricción severa ya que es escasa su densidad lo que se puede relacionar con la falta de nutrientes en el suelo para su desarrollo y todo lo anterior expuesto.

g) Medición de montículo en la base del árbol (permitió evaluar la pérdida de suelos en las barreras vivas establecidas)

Tabla. 11. Resultados de las mediciones del montículo en la base del árbol en las barreras vivas establecidas)

Mediciones de los montículos de suelo en el tronco de los árboles (barreras vivas) (mm)			
Mediciones	Diferencia medida en el nivel del suelo	Convertida a toneladas por hectáreas	Pérdidas anuales
Promedios	24,87	323,37	0,84
Suma	298,5	3880,5	0,07

Como se pudo apreciar en las mediciones de los montículos de suelo en el tronco de los árboles (barreras vivas) representa un 7% de la pérdida de suelo por arrastre que, aunque no es un número considerable, con la implementación de las barreras vivas no

deben de existir ningún arrastre por lo que se puede entender que las barreras vivas no están cumpliendo con lo establecido. Uno de los factores para que las barreras vivas no cumplan con lo establecido pueden ser que la cobertura de plantas no sean las adecuadas por lo que el arrastre de la capa superficial del suelo continúe.

h) Medición de surcos de erosión

En la tabla 12. aparecen los resultados y evaluación correspondiente a los surcos de erosión.

Tabla.12. Resultados de las mediciones de los surcos de erosión

Medición de los surcos de erosión		
Mediciones	Ancho (cm)	Profundidad (cm)
Total	128	46
Promedio	10,6	3,83
Largo del surco 1.5m		
Zona de captación 10m²		

Se convirtió el promedio de ancho y profundidad a metros (multiplicando por 0.01). Entonces, un ancho promedio horizontal de 10.6 cm es igual a 0.106 m y una profundidad promedio de 3.83 cm es equivalente a 0.038 m.

Se procedió a calcular el área promedio de un perfil transversal usando la fórmula para el perfil apropiado: la fórmula del área del triángulo ($\frac{1}{2}$ ancho x profundidad. Entonces, asumiendo que es un triángulo será:

$$\frac{1}{2} \times \text{ANCHO (m)} \times \text{PROF. (m)} = \text{ÁREA TRANSVERSAL}$$

$$0.106 \times 0.038 = 0.0020 \text{ m}^2$$

Para calcular el volumen de suelo perdido asumiendo que el largo del surco es de 1.5m:

$$\text{ÁREA TRANSVERSAL (m}^2\text{)} \times \text{LARGO (m)} = \text{VOLUMEN PERDIDO}$$

$$0.0020 \times 1.5 = 0.003 \text{ m}^3$$

Para convertir el volumen perdido a una medida del volumen por cada metro cuadrado de zona.

$$\text{VOLUMEN PERD. (m}^3\text{)} \div \text{ZONA DE CAPTACIÓN (m}^2\text{)} = \text{PÉRDIDA DE SUELO (m}^3\text{/m}^2\text{)}$$

$$0.003 \text{ m}^3 \div 10 \text{ m}^2 = 0.0003 \text{ m}^3\text{/m}^2$$

Para conocer la pérdida de suelo por hectáreas.

$$\text{PÉRDIDA DE SUELO (m}^3\text{/m}^2\text{)} \times \text{DENSIDAD APARENTE (t/m}^3\text{)} \times 1.3 \times \frac{10,00}{0} = \text{PÉRDIDA DE SUELO (t/ha)}$$

De los resultados de esta evaluación se encontró que en un área transversal de 0.003 m², se obtuvo una pérdida de suelo de 0,39t/ha (un volumen de 0.003m³), lo que infiere que aunque las cantidades de suelo arrastradas en los surcos de erosión son mínimas, si ya puede decirse que se evidenció la ocurrencia de proceso de erosión laminar por causa eólica o hídrica, lo que conlleva a manifestaciones de cambios en la coloración del suelo en la parte superficial del campo y por lo tanto, se afirma que la fertilidad de estos suelos ha disminuido, indicador este que conlleva a que existen causas potenciales que inciden en la calidad del suelo y en la salud de los cultivos.

Lo planteado se corresponde con reportes de la FAO (1995) que plantea que muchos de estos procesos de degradación como la erosión, son naturales pero sus impactos son agravados por sistemas inapropiados de manejo y por presiones inducidas por el hombre, por lo cual los cambios que se producen en el recurso suelo, tiene como efecto la reducción de su potencial productivo y la reducción de su capacidad para servir como un filtro natural o amortiguador resiliente para otros usos.

En el análisis que se muestra en la tabla 13 se relacionan los resultados de las herramientas metodológicas medidas con el diagnóstico de la calidad del suelo.

Tabla.13. Resultados de la evaluación de la calidad del suelo según indicadores visuales.

Indicadores visuales de la calidad del suelo	Calificación visual	valor
La desagregación y dispersión de los suelos	2	4
Profundidad de enraizamiento	1	2
Raíces expuestas	2	4
Estructura del Suelo (piso de aradura)	1	3
Distribución en tamaño de los agregados	1	3
Población de lombrices	0	0
Montículo en la base del árbol	1	2
surcos de erosión	1	0
total	9	30
Evaluación de la calidad del suelo	Índice de calidad del suelo	
Moderada	25-50	

Fuente: Guía de Campo para la EVS (Shepherd et al., 2000), adaptada a los indicadores medidos en la finca

Los resultados que muestra la tabla anterior, corroboran las mediciones y observaciones efectuadas hasta aquí, confiriendo una evaluación a la calidad del suelo que califica de moderada siguiendo los criterios utilizados por (Shepherd, 2000) en la Guía de campo para la implementación del MST ya que se encuentra en el rango de 13-28, esto significa que son suelos que presentan algunos signos de compactación y degradación. Este resultado coincide con la investigación realizada por Quintar, 2012 en la CPA Mártires de Barbado.

3.2 Resultados de la comparación del estado de la calidad del suelo de la finca con los indicadores de impacto establecidos por el Instituto de Suelos en los polígonos demostrativos de Conservación y Mejoramiento de Suelos, Agua y Bosques

Como resultado del criterio de los informantes clave y el análisis de frecuencia, se seleccionaron los indicadores de impactos establecidos por el IS (2015) que más veces fueron calificados con valor 1 y que son los que fueron utilizados en la investigación y se relacionan seguidamente:

Impactos Tecnológicos

- Tecnologías para el mejoramiento y la conservación de los suelos
- Superficie agrícola beneficiada

Impactos Ambientales

- Índice de compactación
- Medidas antierosivas
- Especies invasoras

Según los investigadores del Instituto de Suelos como Calero (2018), el contar con un set de indicadores para evaluar impactos en los polígonos demostrativos para la conservación del suelo, el agua y el bosque en Cuba, ha sido una de las acciones que se desarrollan anualmente para analizar de conjunto cada uno de los indicadores de impactos y evaluar cómo se están determinando en dichos polígonos, al emplearlos en la presente investigación para la comparación del estado de la calidad del suelo de la finca en el tiempo, se pudo comprobar la idoneidad de los mismos para tal fin, a su vez que de modo particular para el caso de la finca estudiada, fueron validados como los que mejor se adaptan a las condiciones de la misma los que fueron descritos dentro de

las categorías o dimensiones de análisis **Impactos Tecnológicos e Impactos Ambientales**, lo que además ha permitido establecer una relación directa con la forma de medir la situación actual de algunas propiedades del suelo con el empleo de las Herramientas Metodológicas del Manual para la implementación del MST, aspecto este que representa un aporte para la mejora de este tipo de evaluación y que en la revisión bibliográfica desarrollada para la investigación no se evidenció ningún reporte similar al respecto.

Tabla.14. Resultados del comportamiento de los indicadores del IS en la Finca Guasimal

Indicadores de Impacto del IS	Calificación
Tecnologías para el mejoramiento y la conservación de los suelos	Bien
Índice de compactación	Regular
Medidas antierosivas	Regular
Especies invasoras	Bien
Superficie agrícola beneficiada	Excelente

- **Resultados de la identificación de la relación fertilidad del suelo / calidad del suelo y salud de los cultivos en la finca de semillas “Guasimal”**

El análisis de los indicadores de calidad del suelo medidos en campo y la recopilación de datos de la productividad (cinco años) derivó como resultados que la variabilidad de la fertilidad del suelo se comportó adecuada a las condiciones de la finca, lo que implica que la misma tiene una incidencia directa en la salud de los cultivos establecidos, lo cual es corroborado con los resultados de la aplicación de la Herramienta Metodológica Tendencia del rendimiento en el tiempo, donde se encontró

Tabla.15. Resultados de las tendencias en el tiempo con la ayuda de los informantes claves

Cultivos	Rendimientos (ha)					Eventos
	2013	2014	2015	2016	2017	
Maíz	0,44	0,46	0,41	0,8	1,5	En el 2013 se afectaron los rendimientos por plagas.
Tomate	3,8	-	1,4	-	-	Problemas con el sistema de riego.
Frijol	0,14	0,5	0,55	0,7	0,16	En el 2017 se afectaron los rendimientos debido a las sequías.
Boniato	0,64	0,14	0,97	0,6	3,6	En el 2014 se afectó el rendimiento debido a plagas y enfermedades.
Yuca	2,03	1,24	0,5	-	-	Se han afectado los rendimientos por mala calidad con la semilla.

Fuente: Informe del diagnóstico de los polígonos de conservación de suelos.

Los resultados que aporta la tabla anterior, se apreció que en el año 2017 existe una tendencia a incrementar los niveles productivos, aunque de forma muy ligera, excepto el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.), el cual como se plantea fue afectado por la intensa sequía que durante las últimas décadas han azotado al país, de igual modo, el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*) cuyos rendimientos están directamente afectados por dificultades en el sistema de riego. No obstante, a lo planteado, en estos campos donde se han establecido estos cultivos se pudo observar que existen síntomas de pérdida de suelos y, por ende, de fertilidad natural, por lo que en dichos cultivos se observaron hojas con síntomas de déficit nutricional, por lo que además de las causas reflejadas en la tabla, puede decirse que dentro de otras causas que afectan los rendimientos pueden citarse las siguientes:

- Deficiencias en el manejo del suelo (desde la fase de preparación hasta las actividades de mejoramiento de suelos como la aplicación de abonos orgánicos).
- No empleo de los abonos verdes en los programas de rotación de cultivos.
- No se ha concluido con el establecimiento de las barreras vivas y la siembra en contorno en las áreas con mayor pendiente.
- La cantidad de trabajadores directos a la producción y el tipo de suelo proveen de una buena indicación sobre la intensidad del uso del suelo.
- Contar con la mano de obra adecuada para períodos de auge es otra consideración importante que afecta las prácticas agrícolas y los rendimientos.

- La escasez de mano de obra en períodos de auge como la siembra al comienzo de las lluvias, o la época del control de las malas hierbas, si no hay métodos mecánicos, puede ser el factor limitante de la producción, y la productividad de la mano de obra lleva una importancia única.
- Los incentivos para los agricultores

En base al análisis de los resultados obtenidos se establece la necesidad de aplicar prácticas de uso y manejo del sistema suelo - cultivo, con el fin de corregir los indicadores más limitantes para el sistema, teniendo en cuenta su sostenibilidad. Todo lo antes referido coincide con los resultados reportados por Altieri y Nicholls(2002) en relación a la necesidad de contar con indicadores que faciliten una rápida evaluación de la calidad del suelo y salud de cultivos en el agroecosistema.

En el Cuadro 1, se muestran los resultados de la asignación de valores para cada indicador medido (valor o clase descriptiva) en el rango de 1-10, a partir de lo cual fueron identificados los indicadores menos deseables y los que representan la mayor calidad del suelo.

Cuadro 1. Relación de indicadores menos deseables y los de mayor calidad para la finca Guasimal.

Indicadores	
Menos deseables	Mayor calidad
Evaluación de la desagregación y dispersión de los suelos	Medición de profundidad de enraizamiento
Estructura del Suelo (piso de aradura)	Medición de raíces expuestas (barreras vivas)
Distribución en tamaño de los agregados	Estructura del Suelo (piso de aradura)
Especies invasoras	Medición de surcos de erosión
Medidas antierosivas	Medición de montículo en la base del árbol (barreras vivas)
Superficie agrícola beneficiada	Distribución en tamaño de los agregados
-	Medición de la cuantificación de las lombrices
-	Índice de compactación

De esta forma, los indicadores con mayor valor medidos permitieron directamente conocer que la tendencia a la calidad del suelo en la finca estudiada es moderada, y que se refuerza con los resultados del Cuadro 1; por lo que puede afirmarse que la calidad del suelo evaluado en la finca tiene una estrecha relación con la fertilidad del

suelo, y corrobora el vínculo directo entre fertilidad / calidad del suelo y salud de los cultivos evidenciado en la tabla 12

Por último, existe coincidencia con lo planteado en documentos de la FAO (2015) donde hacen referencia de que una mejor comprensión de las relaciones entre el período útil de los suelos y la función de los ecosistemas y el impacto de las intervenciones humanas permitirán reducir los efectos negativos y aprovechar de manera más eficaz los beneficios de la calidad del suelo y la salud de los cultivos, con miras a una agricultura más sostenible y productiva.

3.3. Resultados de la propuesta para tomar acciones encaminadas a la mejora de la calidad del suelo y salud de los cultivos partiendo del empleo de indicadores de Manejo Sostenible de Tierras

Para poder realizar una propuesta adecuada para evaluar la calidad del suelo y salud de los cultivos partiendo del empleo de indicadores de Manejo Sostenible de Tierras establecidos por el IS (2015) para diagnosticar los Polígonos de Conservación y mejoramiento de suelos, agua y bosques; así como, medir su estado actual con las herramientas metodológicas del manual, se propone establecer como procedimiento de trabajo los siguientes pasos:

Paso 1. Evaluación de la calidad del suelo a partir de

1.1. Indicadores para medir propiedades de los suelos: a) Medición de profundidad de enraizamiento; b) Medición de raíces expuestas (barreras vivas); c) Estructura del Suelo (piso de aradura); d) Medición de surcos de erosión; e) Medición de montículo en la base del árbol (barreras vivas); f) Distribución en tamaño de los agregados; g) Medición de la cuantificación de las lombrices y h) Índice de compactación.

Pueden medirse también otros indicadores de este tipo, en estrecha relación con las características y condiciones de sistema agrícola que se evalúe, pero los indicadores anteriores pueden ser considerados como elementos indispensables para la evaluación de las propiedades del suelo a nivel de finca.

1.2. Indicadores para medir la tendencia a incrementar los niveles productivos y la calidad de los cultivos, incluyendo en ello, los síntomas de déficit nutricional / cultivos y el análisis de las posibles causas que afectan al cultivo, entre las que destacan:

-Eventos: a) afectación del rendimiento por presencia de plagas; b) sistema de riego; c) ocurrencia de eventos meteorológicos extremos como sequías, ciclones tropicales, lluvias intensas, inundaciones, tornados, entre otros; d) mala calidad de la semilla

-Otras causas que afectan los rendimientos como: a) deficiencias en el manejo del suelo; b) deficiente o nulo empleo de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y de prácticas sencillas de conservación y mejoramiento de suelos; e) cantidad, calidad y nivel de preparación de la fuerza laboral; disponibilidad de fuerza de trabajo directa a la producción en períodos clave cuando no se cuenta con métodos mecánicos y f) Falta de incentivos para los agricultores.

Paso 2. Comparación del estado de la calidad del suelo de la finca: para esta comparación se propone el empleo de los indicadores de impacto seleccionados como resultados de la presente investigación, los cuales han sido agrupados en las dimensiones tecnológicos y ambientales; aunque también pudieran incluirse indicadores de la dimensión económica – financiera y sociales, según las características de otras fincas en el que quiera ejecutar este tipo de comparación. A continuación, se relacionan los indicadores que se proponen:

Impactos Tecnológicos

Tecnologías para el mejoramiento y la conservación de los suelos

Superficie agrícola beneficiada

Impactos Ambientales

Índice de compactación

Medidas antierosivas

Especies invasoras

Paso 3. Propuesta para tomar acciones encaminadas a la mejora de la calidad del suelo y salud de los cultivos empleando indicadores para el Manejo Sostenible de Tierras. En este paso, la propuesta a seguir es tomar en consideración los problemas identificados con los análisis anteriores y validarlos con el empleo de instrumentos o herramientas para el análisis causa/ efecto como la utilizada en la investigación)Matriz de Véster) o algún método estadístico como el de componentes principales o análisis Clústers que permita delimitar de forma clara cuáles son los problemas que dentro de los identificados, tienen que ser prioritariamente atendidos a través de plan de medidas y que a su vez, los productores puedan conocer las vías o el presupuesto y las

necesidades que se demanda para ejecutar el plan de acción en el corto y mediano plazo.

A continuación, se relacionan los problemas identificados en la finca y el análisis causa/efecto desarrollado con el empleo de la Matriz de Véster.

Problema 1: Medianamente erosionado

Problema 2: Falta de utensilios de trabajo

Problema 3: Pérdida de suelo por arrastre (medición del montículo en la base del árbol)

Problema 4: Pendiente ondulada en todo el terreno

Problema 5: Falta de los recursos humanos

Problema 6: Poca presencia de lombrices

Problema 7: Encharcamientos

Problema 8: Elevado nivel de labranza

Problema 9: Compactación de los suelos

Problema 10: Afectaciones de plagas

Problema 11: Problema con el sistema de riego

Problema 12: Presencia de plantas indeseables

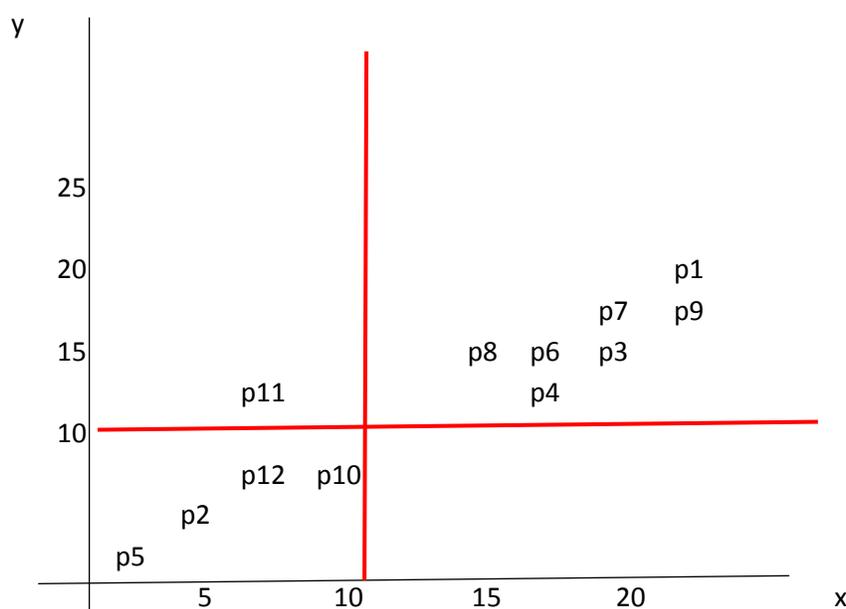


Figura. 10. Resultados del cruzamiento de la Matriz de Véster

Según el análisis realizado por los informantes clave en el cruzamiento matricial y la ubicación de los problemas en los cuadrantes del gráfico de la matriz de Véster se pudieron identificar como Problemas Críticos lo que seguidamente se relacionan:

Problema 1: Medianamente erosionado

Problema 3: Pérdida de suelo por arrastre (medición del montículo en la base del árbol)

Problema 4: Pendiente ondulada en todo el terreno

Problema 6: Poca presencia de lombrices

Problema 7: Encharcamientos

Problema 8: Elevado nivel de labranza

Problema 9: Compactación de los suelos

Estos Problemas Críticos son los que poseen un total activo y total pasivo altos, por lo que se entienden como los problemas de gran causalidad, que, a su vez, son causados por la mayoría de los demás problemas identificados, todo lo cual implica que son los que requieren de gran cuidado en su análisis y de un adecuado manejo, ya que de su intervención dependen en gran medida los resultados finales de las acciones que se propongan para su mitigación y/o erradicación.

Por lo antes referido, estos problemas son los asumidos en la presente investigación para la elaboración de la propuesta de acciones encaminadas a la mejora de la calidad del suelo y salud de los cultivos en la Finca “Guasimal” y que aparece en la tabla 16.

Tabla. 16.Propuesta de acciones encaminadas a la mejora de la calidad del suelo y salud de los cultivos en la Finca “Guasimal”

Problemas	Acción	Plan
<ul style="list-style-type: none"> • Medianamente erosionado • Pérdida de suelo por arrastre • Compactación de los suelos 	Implementación de las medidas para mitigar los efectos de la compactación y la erosión del suelo en la finca	Canales de desagües y colector, rotación de cultivos (Ej: yuca en período de 10 años, puede rotar en una secuencia de 8 años, cuatro años sembrada y uno en rotación; boniato: en un período de 10 años puede estar 6 años en la misma área, con una frecuencia de seis años sembrado y dos años en rotación) policultivos, laboreo mínimo, aplicación de humus de lombriz, materia orgánica, laboreo del suelo con equipos ligeros y con una humedad ligera (suelo en tempero). Cobertura (pastos), siembras en curvas de nivel, barreras vivas y subsolación profunda.
Pendiente ondulada en todo el terreno	Significa que existe un plano de inclinación entre 4.1- 8.0 %.	Siembras en contorno
Poca presencia de lombrices	Evaluación de estado de humedad del suelo y contenido de materia orgánica	Aplicación de humus de lombriz, compost, residuos de cosecha como materia orgánica, cobertura vegetal.
Encharcamientos	Medidas para mitigar los efectos de la compactación	Canales de desagüe, uso racional de la mecanización agrícola, nivelación de campo, subsolación.
Elevado nivel de labranza	Alternativas de preparación del sitio	Laboreo mínimo o labranza cero

Como se aprecia como resultados de la presente investigación se entrega a los productores una herramienta de trabajo que contribuye a un mejor uso y manejo de los suelos de la finca que por supuesto se traduce en acciones para la mejora de la calidad del suelo y salud de los cultivos establecidos en la finca objeto de estudio, lo que se discutirá con la dirección de la finca y representantes de la Delegación de Agricultura a nivel municipal y provincial que tienen la responsabilidad de controlar y asesorar la gestión productiva de la misma, teniendo en consideración además que constituye el Polígono Demostrativo de Conservación de suelos, agua y bosques del municipio Cienfuegos, pero además, su gestión productiva está enfocada hacia la producción de

semillas de cultivos varios, por lo que la implementación de este resultado es imprescindible para lograr su objeto social de forma más eficaz.

Los resultados derivados de la presente investigación pueden ser transferidos a otros polígonos con similares condiciones de suelos y de cultivos, tanto a nivel territorial como en el país.

Conclusiones

1. La evaluación de la calidad del suelo y salud de los cultivos permitió conocer que las propiedades de los suelos de la finca con mayor degradación son: profundidad de enraizamiento, raíces expuestas y pérdida de suelo por arrastre.
2. La comparación del estado de la calidad del suelo de la finca con indicadores de impacto implementados por el Instituto de Suelos permitió evaluar la calidad del suelo como la aplicación de las medidas pueden aumentar los rendimientos
3. Se proponer un programa para solucionar los problemas identificados el cual contiene medidas o acciones con sus correspondientes necesidades para su cumplimiento y/o monitoreo sistemático.

Recomendaciones

1. Presentar los resultados de la presente investigación a los decisores del sistema de la agricultura en la provincia y en la finca y lograr la implementación del programa de acciones.
2. Validar de forma práctica las acciones propuestas y monitorear de forma sistemático, (las mediciones de las herramientas) su impacto a través de los indicadores establecidos por el IS en los polígonos demostrativos.
3. Socializar los resultados por vía de conferencias, encuentro con los productores de la finca y a través de internet

Revisión bibliográfica:

- Altieri, M and C. I. Nicholls. (2002). Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café. Universidad de California, Berkeley
- Altieri, M. (1999a). Agroecología Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan–Comunidad. Montevideo.
- Altieri, M. (1999b) Agroecología: Principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria. Universidad de California, Berkeley.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2001). Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café. En <http://www.agroeco.org/doc/SistAgroEvalSuelo2.htm>.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2008). Suelos Saludables, Plantas Saludable. La evidencia agroecológica. LEISA revista de agroecología.
- Ansorena, J. (1995). El Suelo en la Agricultura y el Medio Ambiente. Fertilidad del Suelo: Acidez y Complejo de Cambio. SUSTRAI: 36. p. 40-46.
- Brunett, L. González, C. y García, L. (2005). Evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas campesinos de producción de maíz y leche, utilizando indicadores. Livestock Research for Rural Development. Volume 17, Article #78.
- Castro, H. (1999). Degradación del Suelo en Zonas de Agricultura Comercial. En Conservación de Suelos y Aguas en la zona Andina. Hacia un desarrollo de un concepto integral. MüllerSämman, K. y Restrepo, J. (Ed). CIAT. Cali, Colombia. p. 95-107.
- Centro de Información y Gestión Ambiental -CIGEA (2011). Manual para la implementación del manejo Sostenible de Tierras. Programa Asociación de País en Apoyo a la Implementación del Programa de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía. Proyecto GEF-PNUD.

Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental (CIGEA). (s. f.). Situación Ambiental Cubana. La

CITMA. (2002). Estrategia Nacional de Medio Ambiente. Edit. CIEN. La Habana, Cuba. 54p.

Clavijo, N., Prins, C., Sánchez, V., Soto, G., Staver, C. (2006). Calendarización, uso racional, sustitución y rediseño: una comparación entre horticultores orgánicos y convencionales de Costa Rica. En Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Nº 78. P.17-27. Costa Rica.

Corrales, E. (2002). Sostenibilidad agropecuaria y sistemas de producción campesinos. Cuadernos Tierra y Justicia No. 5 Reino de Noruega - SUIPICOL Suiza; Séjours Catholique Francia ASDI Suecia, IDEA - IER - ILSA - Secretariado Nacional Pastoral. Bogotá.

Corrales, E. y Forero, J. (2007). La reconstrucción de los sistemas de producción campesinos. El caso de ASPROINCA en Riosucio y Supia. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

Cruz, J. (2001). Efecto de la rotación de cultivos y de los sistemas de laboreo sobre algunas propiedades del suelo; distribución radicular y rendimiento. Tesis doctoral. Universidad Purdue.

Dokuchaev, V.V. (1879). Short Historical Description and Critical Analysis of the More Important Soil Classifications. Trav. Soc. Nat. St. Petersburg 10: 64-67p.

Etter, A. y Sarmiento, A. (2008). La reconfiguración del espacio rural en Colombia: entre la expansión de la frontera agropecuaria y la intensificación de la agricultura. Trabajo presentado en el Seminario Internacional "Las Configuraciones de los territorios Rurales en el Siglo XXI".

Everitt, B. S. y Graham D. (2001). Applied Multivariate Data Analysis, Edt. ARNOLD.

FAO. (1976). Esquema para la evaluación de las tierras. Boletín de suelos de la FAO No. 32. 45 p.

FAO. (2008). Proyecto Evaluación de Tierras Secas (LADA). Roma. 71p.

FAO (2007) Benites, J. R., Shaxson, F., & Vieira, M. (s. f.). Indicadores del cambio de condición de la tierra para el manejo sostenible de los recursos. Proyecto GCP/COS/012/NET, FAO, Costa Rica. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/docrep/004>

Flórez, J. (2009). Agricultura ecológica. Ed. Mundial Prensa. Madrid. ES.

Foley, J.A. et al. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*, 309, 570-574.

Forero, J. (2002). Sistemas de producción rurales en la región andina colombiana, análisis de su viabilidad económica, ambiental y cultural. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana - Facultad Estudios Ambientales y Rurales.

Franco, J. A., (2008) Agrarian erosion perception., *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, Vol. 40, Issue 2, pp. 49-60, p. 12p.

Gliessman, R. (2002). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, C.R: CATIE.

Habana. (1999) (en línea). Recuperado a partir de <http://www.medioambiente.cu/download/situacAmbCuba98.pdf>.

Hart, R. (1985). Conceptos básicos sobre agroecosistemas. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Hart, R. (1990). Componentes, subsistemas y propiedades del sistema finca como base para un método de clasificación. En: Tipificación de sistemas de producción agrícola. RIMISP. Santiago de Chile.

Hecht, S. (1999). La Evolución del Pensamiento Agroecológico. En *AGROECOLOGIA Bases científicas para una agricultura sustentable*. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo. p.15-30.

Henríquez, C. y Calbaceta, A. (1999). Guía Práctica para el Estudio Introductorio de los Suelos con un Enfoque Agrícola. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José. C.R.

- Henríquez, C. y Calbaceta, A. (1999). Guía Práctica para el Estudio Introductorio de los Suelos con un Enfoque Agrícola. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José. C.R.
- Hernández, A.; Pérez, J.M.; Bosch, Dalmasio y Rivero, L. (2015). Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de La Habana, Cuba. ISBN: 959-246-022-1. 64 p.
- Hernández, J.A., Fernández, M.T. y Alarcón, M.A. (2008). Valores de fondo y valores genéricos de referencia para Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn en suelos del Campo de Cartagena, Murcia (SE España). Edafología (en prensa).
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación, (5ta ed.). México: Mac Graw-Hill
- Instituto de Suelos (2015), Informe del diagnóstico del Polígono Demostrativo de Suelos, Agua y Bosques, Municipio Cienfuegos. Ministerio de la Agricultura (inédito).
- Instituto de Suelos de Cuba- IS (1989). Criterios de la segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Ministerio de la Agricultura. AGROINFOR. ISBN: 959-246-021-1. 101 p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi, subdirección de Agrología. (2000). Estudio General de Suelos y Zonificación del Departamento de Cundinamarca. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2006). Métodos analíticos de laboratorio de suelos. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Jackson, L., Pascual, U., Hodgkin, T. (2007). Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment. vol. 121 pp196–210.
- Karlen, D., Eash, N., Unger, P. (1992). Soil and Crop Management Effects on Soil Quality Indicators. En American Journal of Alternative Agriculture. Vol. 7 p. 48-56.
- López, A. (2005). Manual de Edafología. Notas de Clases. Universidad de Sevilla. En <http://www.scribd.com/doc/51630897/46/Calculo-de-la-porosidad>

López-Ridaura S. Másera O, Astier M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. the MESMIS framework. In: Ecological Indicators 35 (2002) 114. Edit. Elsevier.

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/2007223/lecciones/lect8/lect8_1.html dios
Ambientales y Rurales. PUJ

Magdoff, F. Calidad y Manejo de Suelo. En Altieri, M. (1999). AGROECOLOGIA Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan–Comunidad. Montevideo. p.280-304

Malagon, D., Pulido, C., Llinas, R. D., Chamorro, C. (1995). Suelos de Colombia. Bogotá, D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Ministerio de Educación y Ciencia - Ministerio de Medio Ambiente (2007): Guía técnica de aplicación del RD 9/2005. Relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. Versión Web. http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/guia_tecnica_contaminantes_suelo_declaracion_suelos_tcm7-3204.pdf

Nicholls, C. I., Pérez N., Vázquez L y Altieri M. A. (2002). The development and status of biologically based integrated pest management in Cuba. Integrated Pest Management Reviews 7: 1-16.

Ortega, D. (1995). Consideraciones Generales para Interpretar Análisis de Suelos. En: Suelos de Colombia, origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Canal Ramírez Antares Ltda. Bogotá. p. 423.

Osorio (s.f.). Muestreo de Suelos. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

Padilla. E. (2012). “Evaluación de indicadores para el manejo sostenible de Tierra (MST) en la UBPC Carrasco del municipio Rodas, para mitigar el proceso de degradación de suelos.

Paquete Automatizado SPSS v.22

- Parr, J., Papendick, R., Hornick, S. and Meyer, R. (1992). Soil quality: Attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. American Journal of Alternative Agriculture. Vol.7. p.5-11.
- Parr, J.F., Papendick, R.I., Hornick, S.B. y Meyer, R.E. (1992). Soil quality: attributes and relationships to alternative and sustainable agriculture. American J. of Alternative Agriculture 7: 5-11.
- Pérez, M.A. (2010). Sistema Agroecológico Rápido de Evaluación de Calidad de Suelo y Salud de Cultivos. Guía metodológica. Corporación Ambiental Empresarial. Bogotá, Colombia.
- Programa Asociación de País en Apoyo a la Implementación del Programa de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía. Proyecto GEF-PNUD. Roma, 14 p.
- Quintar B. (2012) Evaluación de la sostenibilidad de la producción agrícola y la vida rural en la CPA “Mártires de Barbados” de Cienfuegos, a partir de la implementación de prácticas de Manejo Sostenible de Tierras (MST). Tesis en opción al Título de: Ingeniería en Procesos Agroindustriales. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Cienfuegos. Tutor: MSc. Mario Julián Fuentes Gallardo pg127
- Reyes, O. (2014). Desarrollo de Habilidades para la Investigación. En Encuentro Académico Interdisciplinario: La transversalidad, una propuesta para la innovación curricular. ENP-UNAM. [Ponencia en Blog]. México. Disponible en: [http://droctavioreyes.wordpress.com/2014/06/05/57/?preview=true&preview_id=57&preview_nonce=52bf7bf6a9&post_format=aside] Revisado: [octubre, 2016].
- Rivera, J. (1999). Comportamiento de los Suelos Dedicados al Cultivo de la Yuca en dos Localidades del Depto. Del Quindío y Bajo dos Sistemas de Siembra. En Conservación de Suelos y Aguas en la zona Andina. Hacia un desarrollo de un concepto integral. Müller-Sämman, K. y Restrepo, J. (Ed). CIAT. Cali, Colombia. p107-115.
- Ruíz G.C. PROGRAMA PARA LA RECUPERACION DE SUELOS DEGRADADOS (2003) Administrado por el Servicio Agrícola y Ganadero y el Instituto de Desarrollo Agropecuario, Ministerio de Agricultura. SAG/Chile

- Rodríguez. G.; Gil Flores J.; García E. (2012) Metodología de la Investigación Cualitativa
- Shepherd, T.G.; Stagnari, F.; Pisante, M. y Benites, J. (2000). Evaluación Visual del Suelo-cultivos Anuales-Guía de Campo para cultivos anuales.
- Soil Survey Staff. (2006). Keys to Soil Taxonomy. Tenth Edition. United States Department of Agriculture. Washington, USA. pp. http://soils.usda.gov/technical/classification/tax_keys/
- SQI-Soil Quality Institute. (1996). Indicators for Soil Quality Evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service. Prepared by the National Soil Survey Center in cooperation with The Soil Quality Institute, NRCS, USDA, and the National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service. USA.
- Suárez, J., (1998) Deslizamiento y estabilidad de Taludes en zonas tropicales., Instituto de Investigación sobre erosión y deslizamientos,
- Tilman, D. (1999). Global Environmental Impacts of Agricultural Expansion: The need for sustainable and efficient practices. National Academy of Sciences of the United States of America. Vol 96 (11), pp 5995-6000.
- Trabajo de DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN PROCESO AGROINDUSTRIAL (2012) Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Cienfuegos, Tutora: MSc. Olimpia Nilda Rajadel Acosta. 60 pág.
- USDA, (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. National Soil Survey, Center Natural Resources Conservation Service. USA.
- USDA, (2001). Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning. Natural Resources Conservation Service, Soil Quality Institute. Department of Agriculture. USA.
- USDA. (2002). Field Book for Describing and Sampling Soils, Version 2.0. National Soil Survey, Center Natural Resources Conservation Service. USA.
- USDA. Departamento de Agricultura de Estados Unidos. (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Traducción de: Área de Cartografía de Suelos y Evaluación de Tierras, 2000, Argentina.

USDA-SCS. (1992). Soil bioengineering for Upland Slope Protection and Erosion Reduction. Engineering Field Handbook. Chapter 18. 53 pp.

Urquiza M.; Alemán C.; Flores L.; Ricardo M.P.; Aguilar Y. (2011). Manual de procedimientos Manejo sostenible de tierra. 186 p.

Vandermeer, J. (2011). The Ecology of Agroecosystems. by Jones and Barlett Publishers. Massachussetts, USA.

Zuluaga, X. (2010). Análisis Comparativo de Sistemas Productivos de Cultivo De Papa con Manejo Integrado y Manejo Convencional a Partir de Indicadores de Sostenibilidad en el Municipio de Carmen De Carupa (Cundinamarca). Trabajo de Grado. Facultad de Estu

Anexos

Anexo 1: Test de conocimiento a los Trabajadores de la Finca Guasimal con el propósito de identificar a los informantes claves

Encuestas a los Trabajadores de la finca de semillas “Guasimal”

Años de experiencia _____

Edad: _____ sexo: _____ Nivel educacional:

primario

medio

medio superior

Universitario

Categoría ocupacional: dirigente administrativo técnico obrero

Estimado (a). trabajador(a).

Por medio de la siguiente encuesta solicitamos su colaboración en el trabajo final para culminación de estudios universitarios para lo cual se está realizando la presente investigación en la unidad agrícola donde Ud. labora. Para tal fin Ud. deberá calificar su nivel de conocimiento en relación a los temas que se relacionan a continuación, y que deberá aplicar en esta evaluación la escala evaluativa que aparece seguidamente:

Preguntas	
Rendimiento de los cultivos	
Calidad de los rendimientos	
Preparación de suelo	
Disponibilidad de la semilla	
Calidad de la semilla	
Calidad de la MOS	
Conocimientos de alternativas para la conservación de suelo	
Presencia de lombrices en el suelo	
Efectividad de las barreras vivas	
Disponibilidad de la MOS	
Estado del sistema de riego	
Estado del suelo	
Presencia de plantas indeseables	
Presencia de encharcamiento en la finca	
¿Conoce usted qué es la erosión de suelo?	

Anexo 2: Encuesta realizada a los informantes claves para seleccionar los indicadores de impacto del Instituto del Suelo que se medirán en la finca para una comparación con los indicadores del MST para saber cómo se encuentra la fertilidad del suelo.

Indicador	Indicadores	Respuestas de los Informantes Claves
1	Tecnologías para el mejoramiento y la conservación de los suelos	
2	Productividad del agua	
3	Cosecha, captación y conservación de agua	
4	Control de plagas	
5	Fuentes de energía renovables	
6	Superficie agrícola beneficiada	
7	Stress salino y reacción ácido base.	
8	Índice de compactación	
9	Calidad de la materia orgánica y contenido de nutrientes.	
10	Medidas antierosivas	
11	Uso de fertilizantes y plaguicidas químicos.	
12	Calidad del agua para riego. Producción y uso de abonos orgánicos y biofertilizantes.	
13	Composición de la flora y la fauna. Manejo de las plantaciones forestales.	
14	Especies invasoras Incendios.	

Resultados del procesamiento de los datos de la encuesta aplicada a los informantes claves para la identificación en el SPSSv 22

Tabla de frecuencia

Tecnologías para el mejoramiento y la conservación de los suelos					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	3	25,0	25,0	25,0
	1,00	9	75,0	75,0	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Productividad del agua					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	7	58,3	58,3	58,3
	1,00	5	41,7	41,7	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Cosecha, captación y conservación de agua					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	9	75,0	75,0	75,0
	1,00	3	25,0	25,0	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Control de plagas					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	8	66,7	66,7	66,7
	1,00	4	33,3	33,3	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Fuentes de energía renovables					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	11	91,7	91,7	91,7
	1,00	1	8,3	8,3	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Superficie agrícola beneficiada					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	3	25,0	25,0	25,0
	1,00	9	75,0	75,0	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Stress salino y reacción ácido base.					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	9	75,0	75,0	75,0
	1,00	3	25,0	25,0	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Índice de compactación					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	3	25,0	25,0	25,0
	1,00	9	75,0	75,0	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Calidad de la materia orgánica y contenido de nutrientes.					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	9	75,0	75,0	75,0
	1,00	3	25,0	25,0	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Medidas antierosivas					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	5	41,7	41,7	41,7
	1,00	7	58,3	58,3	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Uso de fertilizantes y plaguicidas químicos.					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	11	91,7	91,7	91,7
	1,00	1	8,3	8,3	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Calidad del agua para riego.					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	9	75,0	75,0	75,0
	1,00	3	25,0	25,0	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Composición de la flora y la fauna.					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	8	66,7	66,7	66,7
	1,00	4	33,3	33,3	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Especies invasoras					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	4	33,3	33,3	33,3
	1,00	8	66,7	66,7	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Indicador: Rendimiento productivo (2016).			
Unidad productiva y/o Finca (nombre)	Producto.	Rendimiento (Respetar las unidades de medida señaladas arriba)	Fuente de verificación. / Observaciones
Unidad productiva*			
Finca Guasimal	Boniato	0.6	J Producción Año 2016
	Plátano	0.97	
	Calabaza	0.6	
	Maíz	0.8	
	Fríjol	0.7	

Indicador : Tecnologías para el mejoramiento y la conservación de los suelos					
Unidad productiva y/o Finca (nombre)	Nombrar la Medida (Incluir las de mantenimiento)	Área beneficiada por medidas (ha)	Superficie Agrícola Beneficiada (ha)	Financiamiento por el PNCMS (Miles de CUP)	Fuente de verificación/ Observaciones
Finca Guasimal	Cobertura Muerta Mantenimiento	2.3 29			DPS Y MODELOS DE Certificación

Anexo 3:

Indicadores medidos	
Evaluación de la degradación y dispersión de los suelos	
Medición de profundidad de enraizamiento	
Medición de raíces expuestas (barreras vivas)	
Estructura del Suelo (piso de aradura)	
Distribución en tamaño de los agregados	
Cuantificación de la población de lombrices	
Medición de montículo en la base del árbol (barreras vivas)	
Medición de surcos de erosión	
Tecnologías para el mejoramiento y la conservación de los suelos	
Índice de compactación	
Medidas antierosivas	
Especies invasoras	
Superficie agrícola beneficiada	

Indicadores de Impacto	Medidas que se aplican en la finca	Puntuaje
Tecnologías para el mejoramiento y la conservación de los suelos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Siembra en contorno. 2. Siembra cobertura viva 3. Incorporación. de Abonos Verdes. Incorporación de M. Orgánica. 4. Arope 5. Cobertura Muerta 6. Mantenimiento 7. Tranque 8. Subsolación 9. Recogida de piedra 10. Relleno 	Bueno
Superficie agrícola beneficiada (SAB)	100% del área cultivable	Bueno
Índice de compactación	20%del área	Regular
Medidas anti erosivas	<ul style="list-style-type: none"> • Barreras Vivas • Barrera Muerta • Siembra perpendicular a la mayor pendiente 	

Anexo 4: Matriz de contenido del Plan de acciones

No es causa: 0

Causa directa: 1

Causa medianamente directa: 2

Causa muy directa: 3

problemas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Total activo (x)
P1	0	0	3	3	0	2	3	3	3	1	1	1	20
P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3	3	3	0	3	0	2	2	1	3	0	1	0	18
P4	3	0	3	0	0	1	3	0	3	0	0	0	13
P5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P6	2	0	2	1	0	0	2	2	2	2	2	2	17
P7	3	0	2	3	0	2	0	2	1	3	0	3	19
P8	3	0	1	0	0	2	2	0	3	0	3	2	16
P9	3	0	3	3	0	2	1	3	0	1	0	1	17
P10	1	0	0	0	0	2	3	0	1	0	1	0	8
P11	1	0	1	0	0	2	0	3	0	1	0	0	8
P12	1	0	0	0	0	2	3	2	1	0	0	0	9
Total Pasivo (y)	20	0	18	13	0	17	19	16	17	8	8	9	145

Problemas por cuadrantes:

Cuadrante I: CRÍTICOS.

Problema 1: Medianamente erosionado

Problema 3: Pérdida de suelo por arrastre (medición del montículo en la base del árbol)

Problema 4: Pendiente ondulada en todo el terreno

Problema 6: Poca presencia de lombrices

Problema 7: Encharcamientos

Problema 8: Elevado nivel de labranza

Problema 9: Compactación de los suelos

Cuadrante II: PASIVOS.

Problema 11: Problema con el sistema de riego

Cuadrante III: INDEFERENTES.

Problema 10: Afectaciones de plagas

Problema 12: Presencia de plantas indeseables

Cuadrante IV: ACTIVOS

No hay problemas ubicados en este cuadrante