



TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

**Título: Alternativas de mejoras de fertilidad de
suelos en la Cooperativa de Producción
Agropecuaria “Mártires de Barbados” aprovechando
recursos propios**

Autora: Liudnavy Rodríguez García

Tutor: MSc. Olimpia Nilda Rajadel Acosta

Colaborador: Ing. Orlando M. Stable Rodríguez

Cienfuegos, septiembre de 2020



“...y la agricultura es la que alimenta al hombre; es la que no solamente alimenta, sino que viste y calza al hombre. Y para un país subdesarrollado, para un país pobre, la necesidad fundamental, la primera necesidad es satisfacer perentoriamente, es la necesidad de alimentarse, la necesidad de vestirse y la necesidad de calzarse”...

**Agradecer es un gusto. Al que peca se le olvida (...) No hay hermosura mayor
que el agradecimiento...**

José Martí

A Daysi, mi mamá, inspiración de mi vida, quien encuentra siempre el modo de compartir conmigo sus ilusiones y secretos.

A mi familia toda, en especial a mi abuelo Lorenzo, mi hermana Liudmila y mis sobrinas: Leydi Mariam y Deyli Mariam, a mi cuñado Aldo y a Reidel, a quien considero una persona especial, por ser las personas que más me han comprendido y acompañado en la vida.

A Yendry, su amor me acompaña, siempre alerta y dispuesto, por conservar la ternura y creer en mis proyectos.

A todos mis compañeros que se mostraron preocupados, en especial a dos personitas muy importantes en mi vida: Sahily y Lorenzo.

A la familia de mi tutora Nilda, por resistir las horas de visita y acompañarme en este proceso.

A todos los profesores que participaron en mi formación como Ingeniera Agrónoma

Al profesor Orlando por confiar en mí y brindarme su ayuda desinteresada.

A la familia de la profe María Rosa por estar cuando más la necesito y considerarme su princesa, por ese amor especial que solo ella sabe brindar, por su capacidad para querer a los demás y enseñarme que la primavera es eterna y en ella el verde perdura, por el ánimo infundado en los momentos difíciles y por mantener vivo el deseo de continuar haciendo por los demás.

Al director del CUM Abreus, (Lamoté) y al Coordinador de la carrera Ingeniería Agrónoma, profesor Julio García por su confianza y apoyo en el proceso de la investigación, pues me impulsaron a profundizar en mis concepciones desde el análisis, la reflexión y la crítica.

A todas las personas que siempre estuvieron al tanto. Imposible mencionarlos a todos, pero ocupan un lugar en mi corazón... Gracias

Dedicar es distinguir, en un conjunto de incentivos y oportunidades que nos da la vida, una visión regresiva de las personas para no llegar a la indiferencia y al olvido.

A mi PAPI, en estos 10 años de ausencia. Esta obra la gesté con su alma, salió de mi corazón, es para él; recuerdo su rostro, la imagen de su sonrisa; y siempre ha estado presente en cada una de mis decisiones, marcha a mi lado, me protege, es mi guía espiritual, mi ejemplo como ser humano... lo extraño, lo necesito y lo sigo amando...

A mi ABUELA Martina, por su firmeza ante la ausencia de PAPI, y donde este siempre nos acompaña...

A mi mamá, principal aliento en todas mis decisiones

A FIDEL, fiel defensor de la educación y la cultura, por los sueños de un mundo mejor que es posible, por alentar una agricultura sustentada en las ciencias...

A TODOS LOS QUE CREYERON EN MÍ...



Resumen

Durante el período abril 2018 – junio 2020, se realizó un estudio de carácter descriptivo, explicativo y no experimental, en tres fases de trabajo, en la Cooperativa de Producción Agropecuaria “Mártires de Barbados”, del municipio Cienfuegos, cuyo objetivo fue proponer alternativas de mejora para la fertilidad de los suelos de uso agrícola, mediante el aprovechamiento de los recursos propios existentes. La metodología empleada en la recolección de la información primaria con la revisión documental, encuestas y entrevistas, facilitó la participación de informantes claves internos y externos, obteniéndose la caracterización de la Cooperativa, con énfasis en la identificación de la deficiencia en la fertilidad de suelos de uso agrícola, y recursos propios para mejorarlos, se empleó la observación y mediciones de campo en el suelo y plantas, empleando Herramientas Metodológicas del Manual de Procedimientos para la implementación del Manejo Sostenible de Tierras; contextualizándose la estructura, funcionamiento y manejo de suelos, y el estado actual de las propiedades. Se ubicó un transecto de investigación muestreándose con el método de la Red Rígida. Los datos obtenidos se organizaron en hojas Excel y para el procesamiento estadístico se empleó el Sistema Automatizado SPSS v.20). Como principal resultado se obtuvo una propuesta de Alternativas en la mejora de la fertilidad de los suelos de uso agrícola y se concluyó que existen factores limitantes en la fertilidad para el uso agrícola de los suelos en lo cual incide, el bajo nivel de conocimientos de la fuerza laboral, considerándose que la propuesta que se presenta puede resolver esos vacíos.

Palabras clave: alternativas de mejora, fertilidad, manejo de suelos, propiedades de suelos, recursos propios

Summary

During the period April 2018 - June 2020, a descriptive, explanatory and non-experimental study was carried out, in three work phases, in the Cooperative of Agricultural production "Mártires de Barbados", of the Cienfuegos municipality, whose objective was to propose alternatives of improvement for the fertility of soils for agricultural use, by taking advantage of existing own resources. The methodology used in the collection of primary information with the documentary review, surveys and interviews, facilitated the participation of internal and external key informants, obtaining the characterization of the Cooperative, with emphasis on the identification of the deficiency in the fertility of soils of agricultural use, and own resources to improve them, observation and field measurements on the soil and plants were used, using Methodological Tools from the Procedures Manual for the implementation of Sustainable Land Management; contextualizing the structure, operation and management of soils, and the current state of the properties. A research transect was located and sampled with the Rigid Network method. The data obtained were organized in Excel sheets and the SPSS v.20 Automated System was used for statistical processing. As the main result, a proposal for Alternatives was obtained in the improvement of the fertility of soils for agricultural use and it was concluded that there are limiting factors in fertility for agricultural use of the soils in which the low level of knowledge of the workforce, considering that the proposal presented can resolve these gaps.

Keywords: improvement alternatives, fertility, soil management, soil properties, own resources

Contenido

Introducción	1
Capítulo I. Revisión bibliográfica.....	8
1.1. Generalidades en el estudio de los suelos	¡Error! Marcador no definido.
1.2. La fertilidad de los suelos y su manejo	¡Error! Marcador no definido.
1.2.1. Algunas causas que afectan la fertilidad de los suelos	¡Error! Marcador no definido.
1.2.2. Diagnóstico de la fertilidad del suelo.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3. Tecnologías para emplear como alternativas de mejora de la fertilidad de suelos de uso agrícola.	¡Error! Marcador no definido.
1.4. Los recursos propios de los agroecosistemas y su empleo en la mejora de la fertilidad de suelos	¡Error! Marcador no definido.
1.4.1. Costras Biológicas de Suelo (CBS).	¡Error! Marcador no definido.
Capítulo 2. Materiales y métodos	27
2.1. Diseño de la investigación	27
2.1.1. Caracterización de la CPA “Mártires de Barbados”, en sus aspectos generales, con énfasis en la fertilidad que muestran los suelos de uso agrícola. .	27
2.1.2. Identificación de la presencia de recursos propios en la CPA “Mártires de Barbados”, que pueden aprovecharse en la mejora de la fertilidad de los suelos.	30
Capítulo 3. Resultados y discusión	40
3.1. Resultados de la caracterización de la CPA “Mártires de Barbados”, en sus aspectos generales, con énfasis en la fertilidad que muestran los suelos de uso agrícola.....	40
3.1.1. Resultados de la caracterización de la CPA.....	40
3.1.2. Resultados de la identificación de la presencia de recursos propios en la CPA “Mártires de Barbados”, que pueden aprovecharse en la mejora de la fertilidad de los suelos.	55
3.2. Resultados de la propuesta de alternativas en la mejora de la fertilidad de los suelos de uso agrícola en la CPA “Mártires de Barbados.....	58
Conclusiones	62
Recomendaciones	63
Referencias bibliográficas.....	
Anexos	



Introducción

El suelo es un componente fundamental en los ecosistemas terrestres para la nutrición y soporte de las plantas, cumple análogamente la misma función en los agroecosistemas, por lo que se considera indispensable para la producción agropecuaria, afirmación que refrendan en sus estudios autores internacionales, como: Hernández et al., (2002); Taboada, M. A y Álvarez, C. R, (2008); Sainz-Rozas et al., (2011); Urquiza et al., (2011); Machado-Guevara, A. O et al., (2015); Álvarez, C. R y Rimski-Korsakov, H, (2016); quienes, además aluden a su conservación y buen manejo, del cual, depende la sostenibilidad de la producción de alimentos y la seguridad alimentaria de las generaciones futuras.

Según las doctrinas de autores, como: Machado-Guevara, A. O et al., (2015); Álvarez, C. R y Gutiérrez, F, (2016); Caffaro, (2016); Fernández, P. L y Álvarez, C. R, (2016); Gómez, L, (2018); Hernández et al., (2018); el suelo, es uno de los ecosistemas más complejos y diversos que existen en la naturaleza, donde se combinan las fases sólida, líquida y gaseosa, formando una matriz tridimensional; también refieren estos autores, que cuenta con una compleja naturaleza físico-química, estructura porosa y contenido de materia orgánica en diversas fases de descomposición y complejidad, proporcionando una heterogeneidad trófica y de hábitat, que permite en él la coexistencia de una gran diversidad de organismos.

Otros investigadores: Karlen, D.L. et al, (1997), Ojeda- Quintana, L et al., (2007); Hernández et al., (2015); Álvarez, C. R y Rimski-Korsakov, H, (2016); exponen que el uso del suelo con fines productivos, genera alteraciones en la interrelación de las propiedades edáficas, ya que la condición biológica del suelo es muy sensible a los disturbios ocasionados por el laboreo, por lo que se considera que la biomasa microbiana es un excelente indicador de las variaciones en los sistemas de laboreo y rotaciones de cultivos.

Un problema asociado al manejo del suelo; es que, al degradarse significativamente, este no es capaz de seguir produciendo, generando que los agricultores deban recurrir a expandir la frontera agrícola, reduciendo áreas naturales importantes para la diversidad y la conservación, análisis que refrendan en sus obras: Gutiérrez-Castorena, M et al., (2016); Caffaro, M. M, (2016); Fernández, P. L y Álvarez, C. R, (2016); Hernández, E et al., (2018); Gómez, L, (2018); en tal sentido, la agricultura

convencional con enfoque en la revolución verde, generó problemas ambientales significativos, debido a que involucró prácticas que mantienen a los agroecosistemas extremadamente degradados por el uso intensivo de la mecanización agrícola y el uso excesivo de fertilizantes químicos y pesticidas.

La consideración crítica de diferentes autores: Urquiza et al., (2011); Álvarez, C. R y Gutiérrez, F, (2016); Caffaro, M. M, (2016); Hernández, E et al., (2018); Mojica-Zárate, H. T y Bolaño-Rodríguez, Y, (2019); aluden a los agroecosistemas, en los cuales, el subsistema suelo, generalmente es observado vulnerable a las prácticas de la agricultura convencional, entendido, -únicamente- cómo el sustrato que soporta las raíces del cultivo; sin considerarlo como un componente complejo, que implica procesos naturales, con necesidades y requerimientos, que le permitan renovarse, mantenerse sano y productivo; luego, un manejo inadecuado del suelo, implicaría su pérdida.

Por otra parte, varios investigadores: Blacutt, M, (2013); Bermejo, R, (2014); Bloesch, J., et al, (2015); Boisier, S, (2007); Mojica, H, (2017); Gómez, L, (2018); Mojica-Zárate, H. T y Bolaño-Rodríguez, Y, (2019); asumieron una línea de pensamiento que, consideró los postulados de investigadores que les antecedieron, y en ello, aluden a las modificaciones en el agroecosistema, ya que el nivel de respiración depende de la humedad y temperatura edáfica, que a su vez depende del manejo cultural del suelo, incidiendo también la fauna del mismo.

Las ideas antes analizadas, fueron consideradas en estudios, presentados por investigadores Nacionales: Machado-Guevara, A. O et al., (2015); Mojica, H, (2017); Hernández-González, D. E y Muñoz-Iniestra, D. J, (2018); Gómez, L, (2018); Maura Santiago, A. V y Febles González, J. M, (2018); quienes indistintamente, consideraron la importancia del estudio de la fertilidad de los suelos y el aprovechamiento de los recursos propios de estos; luego, coinciden al exponer la repercusión que tiene la fertilidad, en la calidad de dichos suelos, ya sea de manera natural o fomentada por los productores, lo cual implica el análisis de las condiciones en su presencia, cantidad y asimilabilidad de elementos nutritivos, que hagan frente regularmente a las necesidades de las plantas, entendiéndose, la ausencia de elementos tóxicos que puedan limitar o suprimir la productividad del suelo.

Además, Hernández-González, D. E y Muñoz-Iniestra, D. J, (2018); Gómez, L, (2018); Maura Santiago, A. V y Febles González, J. M, (2018); siguen la línea de pensamiento de los autores que les antecedieron, antes declarados, quienes coinciden al exponer que, el complejo de cambio contiene cationes fundamentalmente, Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}), Potasio (K^+), Sodio (Na^+), adsorbidos estos iones, al ser positivos, pueden ser intercambiados por iones de la misma carga presentes en la solución del suelo y de esta forma, son suministrados nuevamente los nutrientes extraídos por las plantas para mantener el equilibrio nutricional en el suelo.

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

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

Otros autores refieren que en estudios edafológicos recientes, se han descrito otros organismos del suelo denominados costras biológicas del suelo (CBS): Maestre, F, (2003); Toledo, V y Navarro de Urbina, C, (2008); Castillo-Monroy, A. P y Maestre, F. T, (2011b); Quiñones-Vera, J. J et al., (2009); y coinciden al plantear, que las CBS son el resultado de una fuerte relación entre las partículas del suelo y cianobacterias, algas, hongos, líquenes, y briofitas en diferentes proporciones, que viven sobre el suelo o inmediatamente en los primeros milímetros del mismo, a los cuales se les atribuyen funciones ecológicas importantes en el suelo.

Así, otros investigadores presentan reportes científicos: Rivera, V et al., (2004); Toledo, V & Florentino, A, (2009); Chamizo, S. E et al., (2010) en los cuales se corroboran que las CBS tienen funciones ecológicas; y en ello, se reconoce que estos organismos ayudan a crear la estructura del suelo, pues, ciclan nutrientes e incrementan la infiltración, reduciendo los escurrimientos superficiales, las pérdidas de suelo y de nutrientes; así como, permiten que las plantas toleren mejor los disturbios y puedan recuperarse de los mismos, debido a que las partículas del suelo forman agregados con esta biota, dando lugar a una capa que al ubicarse sobre la superficie contribuye a la protección del suelo.

En tanto, autores como: Hawkes, C. V, (2003); Mendoza-Aguilar, D. O et al., (s. f.); Argüelles, D. C et al., (2017); consideran que el incremento de nutrientes, puede ser explicado, por los aportes de materia orgánica proveniente de la vegetación nativa y por los microorganismos autótrofos presentes en las CBS, los cuales fijan nitrógeno, solubilizan fósforo y mineralizan la materia orgánica, por lo que existe una correlación significativa entre la concentración de clorofila, y el contenido de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio, lo que indica que la acumulación de nutrientes está fuertemente relacionada a la cantidad de microorganismos presentes en la costra biológica.

El análisis de la obra de los autores antes referenciados, indicó una línea de pensamiento, que consideró como un indicador indirecto de la capacidad de funcionamiento de las CBS, la concentración de pigmentos fotosintéticos: clorofila a, clorofila b, B-carotenos o xantofilas, desde las cuales, se han determinado, que existe una correlación positiva entre la concentración de estos y la cantidad de microorganismos existentes en la costra.

En esa dirección: Chamizo, S. E et al., (2010); Quiñones-Vera, J. J et al., (2009); analizaron como el incremento, en la disponibilidad de nitrógeno en un suelo, también pudiera estar asociado al incremento de la biomasa de cianobacterias y que estas a su vez, están asociadas a la densidad de clorofila, por lo que, la presencia de cianobacterias en los primeros milímetros del suelo, sugieren su importancia para la fijación de nitrógeno y de carbono en ecosistemas semiáridos.

En esa línea de pensamiento, además se consideró que, las CBS, presentes en los ecosistemas áridos y semiáridos, representadas por cianobacterias fotosintéticas y por líquenes que crecen en los pocos centímetros superiores del suelo, forman una costra

biológica, que juega un papel importante en la estabilización del suelo, mejoran la infiltración del agua y la retención de nutrientes, así como, contribuyen a la fijación del nitrógeno atmosférico.

Además, estos investigadores coinciden al reconocer que las CBS, actúan como un recurso del propio suelo, y tienen la capacidad de actuar como biofertilizantes, situación que está dada, por el contenido de antioxidantes y activadores: polifenoles, carotenoides, enzimas, por sus fitohormonas y reguladores de crecimiento: citoquininas, oligosacáridos y batainas; pero sin dudas, uno de los factores más importantes para el desarrollo de las plantas es la fijación biológica del nitrógeno en las cantidades necesarias.

Así, los investigadores antes citados reconocen que el incremento, en la disponibilidad de nitrógeno, está asociado al incremento de la biomasa de cianobacterias y que está a su vez, está asociada a la densidad de clorofila; en tanto, la presencia de cianobacterias en los primeros milímetros del suelo, sugieren la importancia de estas para la fijación de nitrógeno en ecosistemas semiáridos, asimismo la CBS, constituyen una importante fuente para la fijación de carbono; y el fósforo presenta una correlación negativa con la biomasa de la CBS de musgos y líquenes.

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

La fertilidad del suelo puede ser medida a través de dichos indicadores, los cuales 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, por lo que dichos indicadores pueden ser categorizados en cuatro grupos generales: indicadores químicos, físicos, biológicos, adicionalmente se pueden usar indicadores visuales del sistema productivo que ejercen influencia en la calidad del

suelo, opinión que comparten: Fernández, L. A et al., (2005); Navarro, G y Navarro, S, (2014); Torres, D et al., (2015); Gómez, L, (2018).

En la calidad del suelo está inmersa la fertilidad, opinión que refrendan en sus estudios: Ojeda- Quintana, L et al., (2007); Machado-Guevara, A. O et al., (2015); Hernández, A et al., (2015); Mojica, H, (2017); y en ello, dicha fertilidad, puede ser evaluada por medio de indicadores que dependen directamente de elementos o factores de ella entre los que destacan: uso y manejo del suelo, la diversidad y actividad de las poblaciones de la fauna edáfica (incluido los micro-organismos), así como, de las propiedades del suelo, por lo que, para tomar en consideración la planificación de alternativas de mejora de la fertilidad, es preciso tener en consideración el comportamiento de estos elementos o factores dentro de un agroecosistema.

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

Al considerar, los análisis antes referidos, el resultado de estudios de suelos desarrollados en la provincia de Cienfuegos por: Ojeda- Quintana, L et al., (2007); Rajadel, N, (2011); Machado-Guevara, A. O et al., (2015); Hernández, A et al., (2015); Hernández-González, D. E y Muñoz-Iniestra, D. J, (2018) y el intercambio con productores de la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) “Mártires de Barbados”, se formulan supuestos que indican la pérdida de la fertilidad del suelo, lo cual tiene como fundamentos, el desconocimiento existente, por el personal que labora en esta CPA, acerca de métodos para evaluar la misma y el empleo de alternativas que contribuyan a mitigar el impacto negativo que esto provoca en los resultados agrícolas de dicha CPA, ubicada en el Consejo Popular Rancho Luna, del municipio Cienfuegos.

Así, se pudo inferir que existe una demanda, ante la necesidad de desarrollar una investigación, cuyos resultados, sean una vía para dar solución a esta problemática,

desde la cual se mejoraría el aprovechamiento de los suelos, a partir de sus recursos propios y por ende, de la producción.

Los análisis realizados al respecto, justifican la presentación del proyecto de investigación, en el cual se plantea el siguiente **Problema científico**:

¿Cómo mejorar la fertilidad de los suelos de la Cooperativa de Producción Agropecuaria “Mártires de Barbados”, a partir del aprovechamiento de los recursos propios?

Luego, se parte de la siguiente hipótesis: *con la identificación de los elementos que determinan la fertilidad de los suelos de uso agrícola de la CPA “Mártires de Barbados”, se podrán establecer alternativas de mejora para estos suelos, desde el aprovechamiento de recursos propios, actualmente no utilizados.*

Para dar cumplimiento tanto al problema como a la hipótesis, se diseñaron los objetivos siguientes:

Objetivo general: proponer alternativas de mejora a la fertilidad de los suelos de uso agrícola, mediante el aprovechamiento de los recursos propios existentes en la CPA “Mártires de Barbados”.

Objetivos específicos

1. Caracterizar la CPA “Mártires de Barbados”, en sus aspectos generales, con énfasis en la fertilidad que muestran los suelos, de uso agrícola, de la CPA “Mártires de Barbados”.
2. Determinar las afectaciones que presenta la fertilidad del suelo a partir de observaciones al suelo y las plantas, reconociendo la presencia de recursos propios en la CPA “Mártires de Barbados”.
3. Elaborar el contenido de la propuesta de alternativas para la mejora de la fertilidad de los suelos en la CPA “Mártires de Barbados”, objeto de estudio.

Capítulo I. Revisión bibliográfica

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

1.1. Generalidades en el estudio de los suelos

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

Luego, el suelo, es parte de la superficie y se reconoce como un conjunto organizado, de espesor variable, el cual fluctúa desde algunos centímetros hasta algunos metros, que recubre las rocas, cuya capa es un ente vivo, que está en relación directa con la vida vegetal y está constituido por elementos minerales, cristalinos o amorfos, orgánicos y seres vivos, agua y aire; su estudio ocupa espacios de reflexión científica e intercambio entre los investigadores a diferentes niveles Blacutt, M, (2013).

Otros investigadores como: Álvarez, C. R y Rimski-Korsakov, H, (2016) y Hernández-González, D. E y Muñoz-Iniestra, D. J, (2018), apuntan que el suelo, es una materia sometida a constantes cambios, provocados por el efecto de las variaciones del clima, de la atmósfera y de la acción del hombre; de ahí que se le reconoce como un complejo dinámico, que evoluciona con el tiempo a velocidad y ritmos variables.

Por otra parte, autores como: Urquiza et al., (2011); y Fernández, L, (2015), coinciden en reconocer a este recurso, como el medio fundamental para desarrollar la producción agropecuaria; y entre sus beneficios reportan que constituye el soporte para suministrar

agua y elementos nutritivos a las plantas; por lo que de este depende el crecimiento y desarrollo de las mismas y, por consiguiente, la magnitud y calidad de las cosechas.

Un elemento esencial en el estudio de los suelos lo constituye su fertilidad, y para ello, se realizan investigaciones, con un carácter sistemático, en la búsqueda de mejoras y su aplicación en la producción agrícola; destacándose los resultados científicos aportados por investigadores como: Gutiérrez-Castorena, M et al., (2016); Fernández, P. L y Álvarez, C. R, (2016) y Álvarez, C. R y Gutiérrez, F, (2016), los cuales coinciden en afirmar, que cualquier medida agrotécnica y de mejoramiento de la fertilidad de los suelos, debe realizarse en correspondencia con las características particulares de cada tipo de suelo, teniendo en cuenta todos aquellos cambios que pueden operarse en estos, como resultado de la influencia de la acción del hombre (factor antrópico) y de otros factores naturales.

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

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

Otros investigadores centran su atención en el estudio de las características particulares del suelo: Hernández, A et al., (2015); Álvarez, C. R y Rimski-Korsakov, H,

(2016); Álvarez, C. R y Gutiérrez, F, (2016); Fernández, P. L y Álvarez, C. R, (2016); Gómez, L, (2018); Mojica, H, (2017); los cuales reflejan en sus estudios, cómo aprovechar la fertilidad de los suelos, para poder satisfacer las necesidades de las plantas, con elementos nutritivos y con el agua; así, se pueden asegurar sus sistemas radiculares y brindarles la cantidad de aire y calor necesarias para su normal desarrollo; por tanto, contribuyen a asegurar, en gran medida, las producciones agrícolas.

Algunos teóricos afirman que el suelo constituye la mayor riqueza de la economía nacional: Machado-Guevara, A. O et al., (2015); Hernández, A et al., (2015); Mojica, H, (2017); Hernández, E et al., (2018); Gómez, L, (2018); Maura Santiago, A. V y Febles González, J. M, (2018) y en ello, demuestran que su uso adecuado y la conservación de su fertilidad garantiza el bienestar de las personas, pues, asegura la fuente de alimentos, tanto para los humanos como para los animales y beneficia las exportaciones, en aras de suplir otras demandas en las necesidades, que permiten la calidad de vida, de las personas.

Otro aspecto de interés, lo constituye el estudio de los orígenes del suelo, al considerar en ello, el conjunto de diferentes fenómenos: químicos, físicos y biológicos, que ocurren en él y determinan una u otra propiedad de los mismos; aspectos que refrendan en sus estudios autores como: Barraco, M y Diaz-zorita, M, (2014); Bermejo, R, (2014); Carnelos Da, C. I et al., (2014); Fernández, L, (2015); Bloesch, J., et al, (2015); Maura Santiago, A. V y Febles González, J. M, (2018); Hernández, E et al., (2018); Gómez, L, (2018).

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

Además, los investigadores, antes declarados, reconocen la fertilidad del suelo y en ello, aluden a una de sus funciones: la fertilidad, entendida como aquella que permite suministrar nutrientes a las plantas; sin embargo, existen situaciones, en las cuales, los

suelos fértiles son poco productivos, lo cual requiere del uso de alternativas para su manejo.

1.2. La fertilidad de los suelos y su manejo

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

Para Hernández, A et al., (2015); Maura Santiago, A. V y Febles González, J. M, (2018); Hernández, E et al., (2018); Gómez, L, (2018); el impacto en la agricultura de la intensificación de la mecanización, la quimización y el empleo de técnicas y sistemas de riego de avanzada, han conducido a la degradación del estado físico de los suelos de uso agrícola; lo que se refleja en la compactación de las capas arables, la degradación del estado estructural, el empeoramiento de la aireación y el drenaje, la disminución del agua disponible para las plantas, la salinización, entre otros; factores estos, que inciden de forma negativa en el potencial agroproductivo de los suelos, por lo que pueden ser considerados como causas que contribuyen a pérdidas de la fertilidad natural de este recurso natural.

La fertilidad de los suelos, es entendida como aquella característica relacionada con la disponibilidad de nutrientes para las plantas; la cual depende de un complejo equilibrio de elementos y organismos Altieri, M. A, (2002); Ojeda- Quintana, L et al., (2007); Taboada, M. A y Álvarez, C. R, (2008); Álvarez, C. R y Gutiérrez, F, (2016); Torres, D et al., (2015); Hernández, A et al., (2015) y Maura Santiago, A. V y Febles González, J. M, (2018); quienes aluden a las características físicas, químicas y biológicas, y cómo estas influyen en dicha fertilidad.

Según criterios aportados por diferentes autores como, Blacutt, M, (2013); Barraco, M y Diaz-zorita, M, (2014); Bermejo, R, (2014); Carnelos Da, C. I et al., (2014); Fernández, L, (2015); Bloesch, J., et al, (2015); Hernández, A et al., (2015) y una de las funciones

del suelo es suministrar nutrientes a las plantas, por lo cual, el contenido de nutrientes de un suelo, también se reconoce como su fertilidad.

Sin embargo, existen situaciones en las cuales, los suelos fértiles son poco productivos, es decir que, aunque muestren alto contenido de nutrientes, generan poca biomasa vegetal, es decir, que aunque los nutrientes están en el suelo, estos no se encuentran en formas disponibles para las plantas, debido a diferentes causas, en este caso se plantea que, no son asimilables Machado-Guevara, A. O et al., (2015).

Ante lo referido, investigadores como: Hernández, A et al., (2015); Rubio, G y Taboada, M. A, (2015); Gutiérrez-Castorena, M et al., (2016); Álvarez, C. R y Rimski-Korsakov, H, (2016) y Gómez, L, (2018); aluden al manejo en la fertilidad de los suelos: y en ello, reconocen que dicho manejo depende de las propiedades físicas, químicas y biológicas que tienen los suelos y de las condiciones medioambientales, por su parte, Urquiza et al., (2011) y Rajadel, N, (2011), coinciden en afirmar que dichas propiedades, ejercen su influencia en ellos; y ponderan la acción antrópica, como causa fundamental que provoca cambios, tanto positivos como negativos en dicha fertilidad.

Machado-Guevara, A. O et al., (2015); Mojica, H, (2017); Hernández, E et al., (2018) y Gómez, L, (2018) coinciden en afirmar que el manejo es reconocido como aquella acción que permite potenciar los mecanismos para mejorar la eficacia y la eficiencia en pos de la calidad de un proceso y que de forma específica, el manejo de la fertilidad de los suelos, comprende la aplicación de mecanismos eficientes y eficaces, que permitan el aprovechamiento de los nutrientes del suelo, sobre la base de los recursos propios del mismo y de otros recursos que deben ser utilizados.

Entre estos recursos, se encuentran: el reciclaje de los rastrojos, la fertilización adecuada, el aprovechamiento de las condiciones físicas del suelo; aspectos que están en la agenda de diversos eventos científicos y académicos, realizados con el objetivo de mejorar o incrementar la fertilidad del suelo, en función de lograr niveles satisfactorios en los rendimientos de los cultivos Hernández, E et al., (2018).

En trabajos relativos al manejo de la fertilidad de suelos: Rajadel, N, (2011); Fernández, L, (2015); Fernández, P. L y Álvarez, C. R, (2016); Caffaro, M. M, (2016); Álvarez, C. R y Rimski-Korsakov, H, (2016); Boisier, S, (2007) y Torres, D et al., (2015); quienes señalan que la solución de los principales problemas que afectan los suelos agrícolas

en el mundo y en Cuba deben ser observadas, con un enfoque sistémico e integrador y no como una solución aislada, pues se concatenan factores naturales y antrópicos.

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

1.2.1. Algunas causas que afectan la fertilidad de los suelos

Gómez, L, (2018), recomienda establecer estudios en los agroecosistemas que permitan identificar tanto las causas de la pérdida de la fertilidad como de las potencialidades de fuentes internas existentes en dichos agroecosistemas, que faciliten el desarrollo de alternativas de mejoras de la fertilidad de sus suelos a partir del empleo de recursos propios.

En esa perspectiva, Carnelos Da, C. I et al., (2014); Bloesch, J., et al, (2015); (Fernández, L. A et al., 2005); Rubio, G y Taboada, M. A, (2015); Gutiérrez-Castorena, M et al., (2016); Álvarez, C. R y Gutiérrez, F, (2016); Boisier, S, (2007); Torres, D et al., (2015); Mojica, H, (2017) y Hernández, E et al., (2018); consideran que desde el punto de vista agrícola, un suelo fértil, es aquel que puede proporcionar cantidades adecuadas de nutrientes para el crecimiento de las plantas, lo cual se traduce en mayor rendimiento y calidad del cultivo y reconocen algunas causas que afectan la fertilidad de los suelos, entre estos:

- La composición mineral. Es necesario conocerla, para poder predecir su capacidad de retener nutrientes para las plantas, determinado por la roca madre, clima, biología y procesos químicos; así cuando se hace referencia a los nutrientes minerales del suelo, existe una gran diferencia entre la cantidad total de nutrientes en el suelo y su disponibilidad para las plantas; de hecho, sólo una pequeña fracción de los minerales que componen el suelo estará disponible para las plantas.
- La aplicación de fertilizantes y enmiendas al suelo, es una herramienta clave para la mejora y conservación de la fertilidad del suelo y, por lo tanto, un programa de fertilización adecuado es uno de los factores de mayor influencia en la estabilidad del nivel nutricional del suelo y por ende, de su fertilidad.

Capítulo I. Revisión bibliográfica

- El pH del suelo. Es importante para mantener la fertilidad adecuada del mismo; y en ocasiones, puede afectar la disponibilidad de los nutrientes del suelo, por lo que muchos estudios plantean que un rango de pH de 5.5-7 es óptimo para la mayoría de los cultivos.
- Textura del suelo. Es la proporción de agregados del suelo (arena, limo y arcilla), cuya cantidad determinan el tipo de textura predominante. Los suelos arcillosos son capaces de retener más nutrientes que los arenosos y actúan como un reservorio de nutrientes, debido a que su Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es mayor, lo que constituye mayor capacidad del suelo para retener nutrientes, por tal razón, se considera que los suelos arcillosos suelen ser más fértiles que los arenosos.
- Materia orgánica del suelo (MOS). Es fuente de nitrógeno y fósforo, los que al ser mineralizados estarán disponibles para las plantas. La MOS incrementa la fertilidad del suelo y mejora su estructura; la disminución de su contenido constituye una de las principales limitantes para que los nutrientes puedan ser asimilables, así como, influye en las condiciones de acidez (pH), sodicidad (concentraciones elevadas de Sodio), salinidad, hidromorfismo, baja capacidad de almacenamiento de agua, cuyas manifestaciones también inciden de forma desfavorable en la fertilidad del suelo.
- Manejo de los nutrientes. El uso incorrecto de fertilizantes tiene efectos negativos en la fertilidad del suelo, por lo tanto, el exceso de fertilizantes, no sólo aumenta los costos, también ocasiona problemas de toxicidad en los suelos, debido a que las sales minerales que no son utilizadas por el cultivo, se acumulan y afectan las futuras cosechas que se desarrollarán en ese suelo; en tanto, si no se utilizan, las cantidades adecuadas de fertilizantes, aquellos suelos originalmente fértiles se empobrecerán nutricionalmente, de esta manera el cultivo no alcanzará su potencial de rendimiento y los beneficios del agricultor decrecerán.
- Monocultivo. Este es otro de los factores antrópicos que incide negativamente en la fertilidad del suelo, el cual, en sentido general provoca grandes alteraciones en el contenido y composición de la MOS, con lo cual va disminuyendo bruscamente el contenido total de carbono, los complejos orgánicos móviles y semimóviles e

incluso la redistribución de los microelementos dentro de las fracciones, por lo que varía su papel como barrera ecológica del suelo.

- Precipitaciones. La disponibilidad de nutrientes, también se ve afectada por otros factores que alteran a la producción agrícola, y uno de estos, son las precipitaciones; en condiciones de sequía, se produce el estrés hídrico para los cultivos, por lo que se afecta su normal desarrollo vegetativo al no contar con el agua que es el transporte por excelencia de los nutrientes y encargada de la turgencia celular, lo cual incide desfavorablemente en el comportamiento del rendimiento de los mismos.

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

1.2.2. Diagnóstico de la fertilidad del suelo.

Este diagnóstico, comprende el análisis de los suelos y tejidos vegetales, constituye una herramienta importante para el seguimiento al estado nutricional del suelo. En esa línea de pensamiento, diferentes autores asumieron los criterios de Altieri, M. A, (2002) reconocen que los sistemas agroecológicos deben tener características similares a los ecosistemas naturales en equilibrio, para lo cual es preciso, que se mantenga un manejo adecuado, según las características más importante.

Tal es el caso de investigadores como: Ojeda- Quintana, L et al., (2007); Taboada, M. A y Álvarez, C. R, (2008); Blacutt, M, (2013); Barraco, M y Diaz-zorita, M, (2014); Canelos Da, C. I et al., (2014); Rubio, G y Taboada, M. A, (2015, pp. 45-58); Gutiérrez-Castorena, M et al., (2016); Álvarez, C. R y Rimski-Korsakov, H, (2016); Álvarez, C. R y Gutiérrez, F, (2016); Fernández, P. L y Álvarez, C. R, (2016); Caffaro, M. M, (2016); Boisier, S, (2007) y Torres, D et al., (2015); quienes plantean que en los

agroecosistemas debe mantenerse: alta diversidad de especies, ciclos minerales relativamente cerrados, baja relación biomasa cosechada y biomasa total y adecuada actividad biológica del suelo.

El análisis de estos aspectos, consideró la opinión de investigadores entre los que destacan: Hernández, A et al., (2015); Machado-Guevara, A. O et al., (2015); Mojica-Zárata, H. T y Bolaño-Rodríguez, Y, (2019); Hernández-González, D. E y Muñoz-Iniestra, D. J, (2018) y Gómez, L, (2018), quienes proponen que, el manejo de la fertilidad de los suelos, en los sistemas de producción debe apoyarse en alternativas como: la diversificación, el uso de la biodiversidad, la integración, la actividad biológica, las prácticas de conservación del suelo y del agua, la siembra directa, la inclusión de la ganadería y la capacitación de los productores y decisores en temas relacionados al manejo de la fertilidad, entre otras.

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

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

Asimismo, Machado-Guevara, A. O et al., (2015), se refieren a que con la integración de la producción animal, manejada con pastoreo directo, se favorece el reciclaje de nutrientes, ya que se incluyen especies fijadoras de nitrógeno atmosférico en la fase ganadera y por ende, se acelera el flujo de nutrientes; además, como parte del manejo de la fertilidad de los suelos, se logra la utilización de abonos orgánicos que promueve la actividad biológica, que contribuye a mantener o aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y a mejorar las propiedades físicas del mismo.

Ojeda- Quintana, L et al., (2007), asegura en sus reportes que, dentro de la promoción de la actividad biológica, destacan el grupo de microorganismos relacionados con el

ciclo de nitrógeno (N) tales como, rizobiáceas y cianobacterias, así como, los vinculados a la asimilabilidad del fósforo (P), como es el caso de micorrizas y de bacterias solubilizadoras y finalmente, de aquellos microorganismos que son productores de sustancias estimulantes del crecimiento como los del género *Azospirillum*.

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

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

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

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

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

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

Figura 1. Prácticas agronómicas para sostener la calidad del suelo

Fuente: adaptado de Altieri (2002)

Investigadores a nivel global exponen sus experiencias respecto al manejo de la fertilidad del suelo, tal es el caso de Cabrera, E et al., (2007), los que consideran que este tipo de manejo, requiere del empleo de tecnologías que mitiguen los efectos negativos sobre dicha fertilidad, sin embargo, otros autores consideran el uso de estas tecnologías desde aristas divergentes, pues consideran el manejo de la fertilidad de los suelos según los contextos físicos y ambientales, en que se produce Díaz, G. S et al., (2009) y Ordaz, A et al., (2014).

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

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

Entre estos procesos destacan: la erosión (en los rangos de calificación de fuerte a media), la compactación (calificada entre alta a media), la salinidad / sodicidad y la

pedregosidad; aspectos que convocan a la aplicación de buenas prácticas agrícolas en el uso y manejo de suelos.

Ante esta situación, el Ministerio de la Agricultura de la República de Cuba, implementó desde el año 1993, el Programa de Producción de Abonos Orgánicos y Biofertilizantes; así como, el Programa Nacional de Conservación y Mejoramiento de los Suelos, los cuales tienen entre sus principales prioridades, combatir la erosión, la acidez, alcalinidad, la salinidad y la baja fertilidad, que afectan a este fundamental recurso, también se crearon mecanismos y se actualizó la legislación vigente, con el Decreto 179 para normar el uso, manejo y protección de los suelos Gómez, L, (2018).

En ese interés, la determinación de las tecnologías para mejorar la fertilidad de los suelos, se constituye como un desafío a nivel mundial, en el cual Cuba se inserta, a partir de programas y proyectos vinculados a la conservación y el mejoramiento de los suelos, con el objetivo de fortalecer las políticas hacia el uso de las mismas en función de mejorar la fertilidad que son avaladas a partir de los datos presentados por el Instituto de Suelos, de Cuba y el análisis de la situación actual de los suelos en el país, (I.S.,2006); lo cual se muestra en las figuras1 y 2.

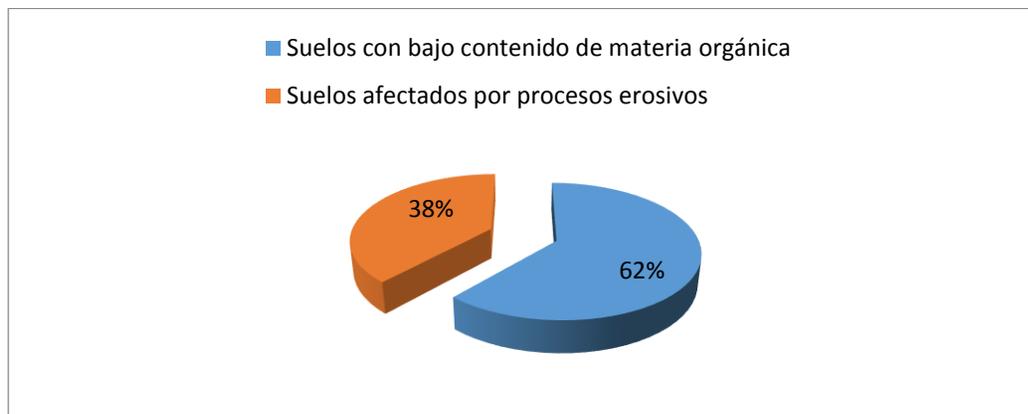


Figura 2. Situación de los suelos en Cuba.

Fuente: Instituto de Suelos, de Cuba (2006)

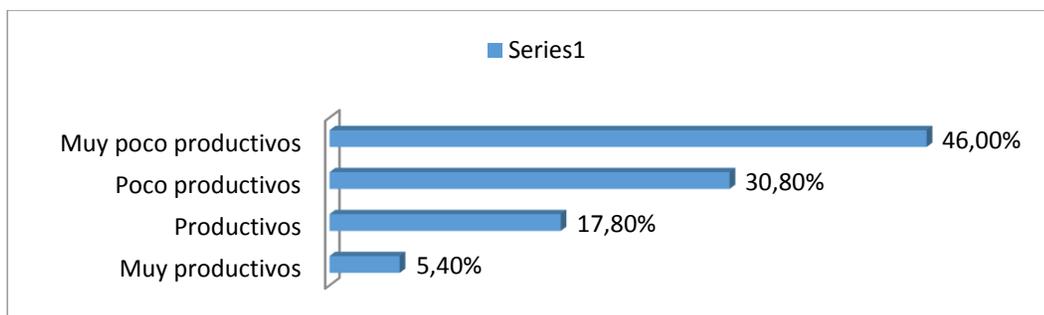


Figura 3. Situación de los suelos en Cuba.

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

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

Finalmente, otra vía puede ser con la aplicación de dosis óptimas de fertilizante químico, con el fin de reponer las pérdidas que se producen mediante la absorción de nutrientes por las plantas y la ocurrencia de procesos de lixiviación de nutrientes por el agua Gómez, L, (2018).

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

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

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

traslado de Fósforo (P), Hernández, R y Araujo, D, (2016) y González y Sarmiento, (2019).

- Microorganismos benéficos o efectivos (ME). Según Correa, M, (2008), el concepto y la tecnología de los microorganismos efectivos (EM) o microorganismos benéficos (MB), como también se les llama, fueron desarrollados por el Profesor Dr. Teruo Higa, en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón; y en ello, destaca Correa, M, (2008), que el principio fundamental de esta tecnología consiste en introducir un grupo de microorganismos benéficos para mejorar la condición de los suelos, suprimir los microorganismos putrefactivos (inductores de enfermedades) y a través de ellos, mejorar la eficacia en la utilización de la materia orgánica.

Las investigaciones y los trabajos de campo, a nivel mundial, han demostrado que la inoculación de cultivos de EM al ecosistema suelo/planta mejora la calidad de los suelos, el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los cultivos Daly, M. J y Stewart, D. P. C, (1999).

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

Esta perspectiva se refrenda en las concepciones teóricas de estudiosos del tema como: Hernández, A et al., (2015); Maura Santiago, A. V y Febles González, J. M, (2018); Hernández, E et al., (2018), quienes aluden a que la fertilidad del suelo, puede mejorarse a partir del empleo de diferentes materiales que aparecen en los agroecosistemas y pueden ser considerados como recursos propios, lo cual le imprime capacidad a estos para sustentar el crecimiento de las plantas y optimizar el rendimiento de los cultivos, a través del uso de tecnologías para la producción de fertilizantes orgánicos que además de contribuir a favorecer los nutrientes del suelo, que mejoran su fertilidad del suelo y la producción de cultivos, reducen al mínimo el impacto medioambiental.

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

reduzca al mínimo la extracción de las reservas de nutrientes del suelo y la degradación de las propiedades del suelo.

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

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

1.4.1. Costras Biológicas de Suelo (CBS).

Las Costras Biológicas de Suelo (CBS) son conglomerados de organismos que se desarrollan en la superficie de suelos desprovistos de vegetación vascular, corresponden a una comunidad o conglomerados altamente especializada, formadas por la asociación entre partículas de suelo, cianobacterias, algas, hongos, líquenes, hepáticas, briófitos y plantas no vasculares, los cuales; presentan importantes roles ecosistémicos a nivel de la interfase aire-suelo. Se encuentran en diferentes ecosistemas, siendo más frecuente su presencia en las zonas áridas y semiáridas del planeta, desempeñando disímiles roles en el suelo Castillo-Monroy, A. P y Maestre, F. T, (2011a).

En sentido general, diferentes estudios reportan que las CBS están ampliamente distribuidas, en muchos tipos de suelos, y en casi todas las comunidades vegetales donde la luz alcanza la superficie del suelo, si bien es particularmente dominante en

ambientes de baja productividad como, zonas áridas, semiáridas, alpinas y polares Maestre, F. T et al., (2008); quienes además, aseguran su presencia en casi todas las ecorregiones del mundo, donde cubren generalmente los espacios no ocupados por plantas vasculares perennes, pudiendo alcanzar hasta un 70 % de cobertura en el suelo.

Por tal motivo, constituyen una de las comunidades bióticas que ha despertado mayor interés entre los investigadores en las últimas décadas, ya que constituyen un importante aporte de carbono (C) y nitrógeno (N) al suelo Toledo & Florentino, 2009; Bowker et al., 2010 y Maestre et al., (2010); y estimaron que su presencia contribuye al incremento de la estabilidad y protección, frente a la acción erosiva de la lluvia y el viento; debido a que este tipo de costra, favorece la agregación y cohesión de partículas de suelo, modula la infiltración e influye de manera directa en las plantas vasculares en cuanto a su establecimiento, contenido nutricional y estado hídrico.

Investigadores como Toledo, V & Florentino, A, (2009); Chamizo, S. E et al., (2010) y Hawkes, C. V, (2003); reportan también beneficios de las CBS al suelo, coincidiendo con los reportes anteriores en lo relacionado a la fijación biológica de nitrógeno, mejoras de la nutrición vegetal, mejora de la relación suelo-agua-planta (infiltración) y agregan su influencia en la mejora de la germinación de semillas, así como, en el establecimiento de las plántulas, su crecimiento y desarrollo.

A las CBS, se les atribuye que tienen interacciones con otros organismos del suelo; y las bacterias asociadas a la CBS son las encargadas de mediar en los procesos de reciclaje de nutrientes y la descomposición de materia orgánica (Investigadores como Toledo, V & Florentino, A, (2009); Chamizo, S. E et al., (2010) y Hawkes, C. V, (2003); Por su parte, Bamforth, S. S, (2004), determinó que cuando existe predominancia de bacterias en este tipo de costra del suelo, esta puede estimular la relación C/N y otras transformaciones de nutrientes, además, identificó a los protozoos como el principal componente faunístico asociado a la CBS.

Otros investigadores como: Cortina, J et al., (2010) y Maestre, F. T et al., (2011); evaluaron los efectos de la estructura física y el componente biótico de la CBS sobre los nutrientes, el estado hídrico, el crecimiento y el éxito reproductivo de las plantas vasculares asociadas a estas. También, según los reportes de Maestre, F. T et al., (2011) y Bowker, M. A et al., (2010), al valorar la importancia de las CBS,

fundamentalmente como sistema idóneo para ampliar el conocimiento acerca de la relación biodiversidad-funcionamiento del ecosistema; se demostraron su amplia influencia sobre la fertilidad de los suelos.

Las investigaciones y los trabajos de campo a nivel mundial, han demostrado que el uso de la CBS como biofertilizante, es una tecnología de uso reciente, donde además de comportarse como indicadores biológicos de variación ambiental para evaluar el funcionamiento en ecosistemas áridos y semiáridos, contribuyen, por un lado a evaluar y predecir los impactos ecológicos del cambio global, y por otro, a establecer medidas de restauración y manejo ecológico del ecosistema Hernández, R y Araujo, D, (2016); Quiñones-Vera, J. J et al., (2009) y Argüelles, D. C et al., (2017).

En la literatura consultada prevalece la idea, que existe un vacío de información, respecto a la influencia de las CBS, en lo referente a las interacciones bióticas entre componentes de las CBS, entre sí y con otros microorganismos, plantas vasculares e invertebrados y se recomienda por investigadores como, Büdel, B. T et al., (2009); Bowker, M. A et al., (2010); Delgado-Baquerizo, M, et al., (2010); Maestre, F. T et al., (2011) y Castillo-Monroy, A. P y Maestre, F. T, (2011a); que es necesario entender el papel que juegan, las CBS para favorecer la fertilidad de los suelos, lo cual puede ser revertido en calidad para los cultivos y el buen desarrollo de las plantas; así su conocimiento debe ser una prioridad en los programas y planes que indican su estudio y aprovechamiento.

Las actividades económicas y sociales han resultado en reducción del área cultivable y, por ende, en la adición y conservación de la fertilidad del suelo, a partir de los cambios producidos en la cobertura de los suelos cultivables, provocando la disminución de las áreas destinadas a la producción de alimento para la población humana Singh, P et al., (2016). Por lo que se plantea que el empleo de alternativas biológicas como: cianobacterias, hongos (arbusculares, hongos micorrizógenos, AMF) y bacterias (cultivos con inóculos de rizobacteria, PGPR) pueden proveer y restaurar la fertilidad del suelo y encaminar la producción la energía demandada en la formulación de fertilizantes sintéticos y tienen la capacidad de mitigar el estrés del agroecosistema y de los recursos agua/ suelo.

En años recientes, microalgas, incluida la cianobacteria, han emergido como candidatos potenciales para ser aplicados en investigaciones y el desarrollo de prácticas agrícolas

amigables y sostenibles, estos organismos, no compiten con los cultivos establecidos en la capa arable y facilitan la toma del oxígeno y la fotosíntesis Singh, P et al., (2016).

Las cianobacterias, pueden ser cultivadas usando alguna humedad en el suelo, requiere nutrientes residuales para alta productividad por área y contiene alta cantidad de proteína y acumula cantidades de carbohidratos, además, contiene lípidos por gramo en su biomasa Williams, P. J y Laurens, L. M. L, (2010); Milledge, J. J, (2011).

Es por tal motivo, que la biotecnología microbiana ha tomado auge en los últimos tiempos, y juega un importante rol, particularmente en formación de metabolitos, biofertilizantes, bioenergía, bioprocesos, producción de biopesticidas, tratamientos de agua y biorremediación Du, Z. H et al., (2007); Mohammadi, K y Sohrabi, Y, (2012).

Teniendo en consideración que la Agricultura Sostenible incluye, manejo de suelo, agua y pesticidas, selección de cultivos, preservación de suelo y su uso, puede afirmarse que las prácticas de este modelo de agricultura, conjuntamente con la biotecnología, constituyen el potencial para incrementar la productividad ante el descubrimiento de nuevas plantas transgénicas, patógenos y animales Singh, R, (2011).

Las Cianobacterias han emergido recientemente como candidatos potenciales, quienes pueden suplir las necesidades para incrementar la eficiencia de la energía solar y convertirla en biomasa para la utilización de CO₂, agua y nutrientes; así, durante la conversión de energía solar sobre la energía química, estos sistemas biológicos producen oxígeno como un bioproducto y su biomasa puede ser usada para la producción de alimentos, energía, biofertilizantes, metabolitos secundarios y nutrientes, cosméticos, e importantes medicamentos (Mohammadi, K & Sohrabi, Y, 2012).

La producción de productos en base a cianobacteria es propuesto como investigaciones de prácticas amigables de agricultura sostenible conjuntamente puede producirse biomasa de muy alto valor Du, Z. H et al., (2007) y Mohammadi, K y Sohrabi, Y, (2012).

El empleo de cianobacterias como biofertilizante, es muy beneficioso porque la producción de fertilizante nitrogenado inorgánico, demanda como requerimiento el empleo de energía fósil, lo que acentúa la necesidad de desarrollar esta alternativa para el aporte de nitrógeno a través de la vía biológica, como una práctica sostenible donde el costo-beneficio, puede ser factible para suplir las demandas de nitrógeno.

Para este propósito se han identificado sistemas biológicos que pueden fijar dinitrógeno atmosférico Vaishampayan, A, et al., (2001), en estos sistemas de agricultura,

Capítulo I. Revisión bibliográfica

anualmente aproximadamente 32Kg de nitrógeno es fijado de forma biológica Singh, R, (2011), donde la cianobacteria adiciona alrededor de 20–30 kg nitrógeno ha⁻¹, incrementando conjuntamente la materia orgánica del suelo.

La cianobacteria puede hacer asociaciones simbióticas con diferentes organismos fotosintéticos y no fotosintéticos, como algas, hongos, diatomeas, briofitas, líquenes, gimnospermas y angiospermas.

La presencia de estructuras como heterocistos en estos microorganismos, en géneros como Nostoc, Anabaena, Nodularia, Scytonema, Cyndrospermum, Mastigocladus, Calothrix, Anabaenopsis, Aulosira, Tolypothrix, Haplosiphon, Camptylonema, Stigonema, Fischerella, Gloeotrichia, Chlorogloeopsis, Rivularia, Nostochopsis, Westiellopsis, Wollea, Westiella, Chlorogloea y Schytonematopsis, pueden ser vistos como fijadores eficientes de N₂ Venkataraman, N, (1993).

De modo particular en Cuba, no se evidenció en la revisión bibliográfica realizada que existan investigaciones encaminadas hacia el estudio del beneficio y aportes de las CBS al suelo, fundamentalmente desde el punto de vista de su empleo para producir biofertilizantes. Desde esta perspectiva, en la investigación que se presenta, se estudiaron las CBS, como una alternativa de recurso propio existente en un agroecosistema, valorando los beneficios que se aprecian a partir de su presencia en los suelos de uso agrícola para la mejora de su fertilidad.

Capítulo 2. Materiales y métodos

Durante el período comprendido entre abril 2018 a abril 2020, se realizó un estudio de carácter descriptivo, explicativo y no experimental, en la CPA “Mártires de Barbados”, ubicada en el Consejo Popular Rancho Luna, perteneciente al municipio Cienfuegos.

2.1. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se desarrolló considerando tres fases, como se muestra en la figura 4.

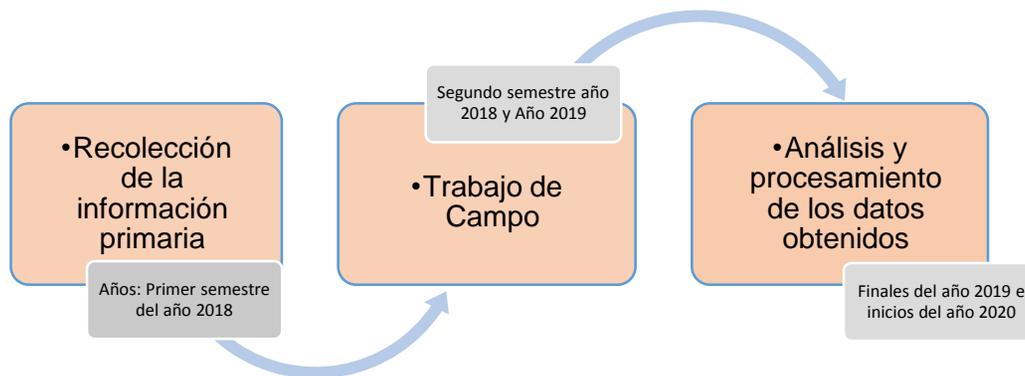


Figura 4. Representación gráfica de la distribución de las fases de trabajo de la investigación en el tiempo

Fuente: elaboración propia

A continuación, se describen estas fases de trabajo con sus correspondientes pasos en función de dar cumplimiento a los objetivos específicos de la investigación.

2.1.1. Caracterización de la CPA “Mártires de Barbados”, en sus aspectos generales, con énfasis en la fertilidad que muestran los suelos de uso agrícola.

Para la caracterización de la CPA “Mártires de Barbados”, se siguió la metodología que se enuncia en la Fase I.

Fase I. Recolección de la información primaria.

Se correspondió con la recolección de la información primaria, tuvo como propósito, obtener la información necesaria para la realización de la investigación, en relación a la obtención de los datos y su procesamiento. Dicha fase se desarrolló en tres pasos, representados en la figura 4:

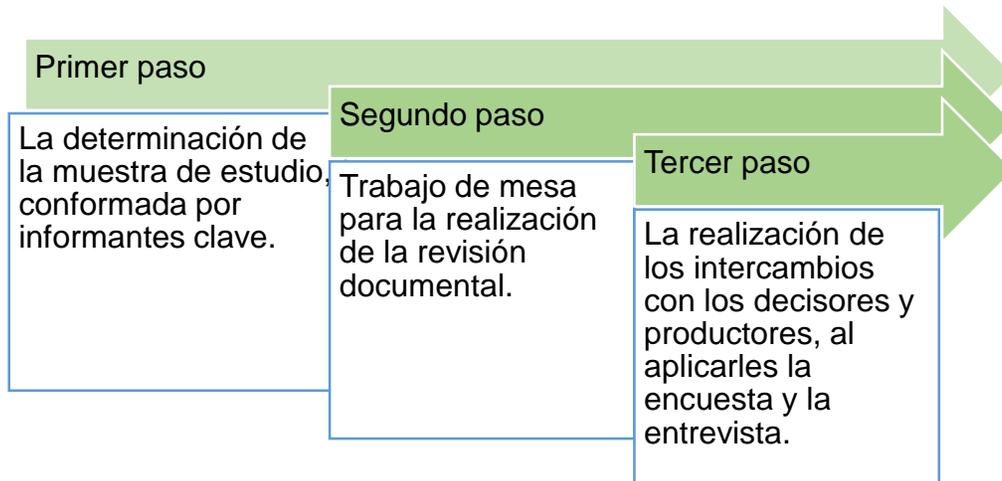


Figura 5. Pasos de la fase I.

Fuente: elaboración propia

Paso 1. Determinación de la muestra de estudio para conformar el grupo de informantes clave.

En este paso, se determinó la muestra de estudio, integrada por 18 personas, de estas 3 decisores y 12 productores de la CPA (informantes internos), y tres decisores (informantes externos) de la Delegación de la Agricultura y la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), (N=18).

Para la selección se tomaron en consideración los siguientes criterios:

- Mostrar disposición para participar en la investigación.
- Ser decisor o trabajador de la CPA, activo en el momento del estudio.
- Tener disposición para asumir los resultados parciales de la investigación hasta llegar a los finales.
- Tener conocimientos y experiencias acerca del manejo de la fertilidad del suelo.

Se excluyeron del estudio aquellos decisores y productores, quienes, en la encuesta, declararon no tener disposición para participar, o que no estaban activos en el momento del estudio, y su disposición para asumir los resultados parciales de la investigación hasta llegar a los finales, y manifestaron aspectos negativos, respecto a sus conocimientos y experiencias acerca del manejo de la fertilidad del suelo.

Para evaluar sus competencias se les aplicó un test de conocimientos que aparece en el Anexo 1, cuyo procesamiento se realizó a través del Programa Automatizado SPSS v.20 (Coeficiente de Kendall)

En la figura 6, se representa gráficamente la determinación de la muestra de estudio para conformar el grupo de informantes clave

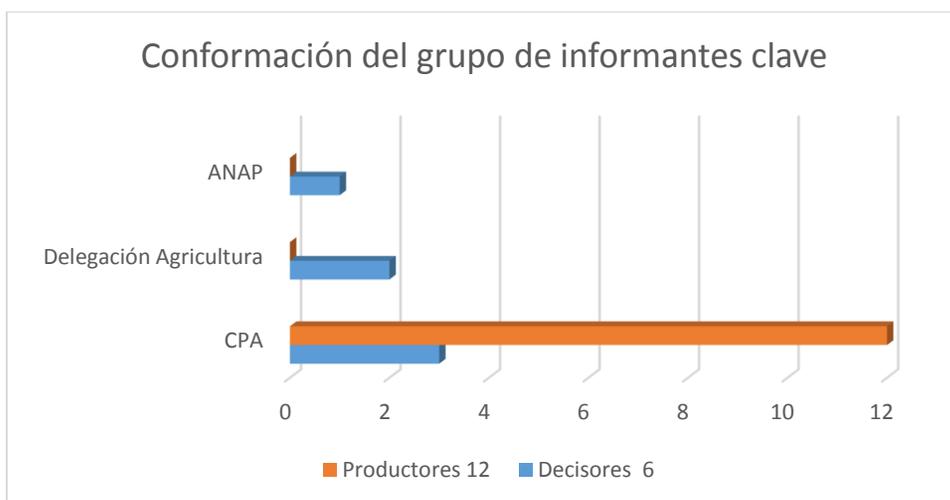


Figura 6. Representación gráfica de la conformación del grupo de informantes clave

Fuente: Elaboración propia

Paso 2. Revisión documental.

En este paso, se realizó el trabajo de mesa para la realización de la revisión documental a partir de una guía elaborada a tales efectos (Anexo 2); y en ello, se analizaron documentos de las políticas del Estado cubano y del Ministerio de la Agricultura, y otros que constan en los archivos de la CPA "Mártires de Barbados", de modo que se obtuvo información requerida para conocer la situación existente en la cooperativa respecto a la fertilidad y su manejo.

Además, en este paso, también se consideró la información existente sobre el manejo agronómico de los cultivos y su influencia respecto a la fertilidad de los suelos, el manejo de restos de cosecha y su disposición final al medio ambiente, finalmente, se procedió a la revisión del resumen histórico de las máquinas de riego donde fueron registradas las prácticas agrícolas realizadas en ellas para el manejo de los cultivos establecidos.

Paso 3. Intercambios con los decisores y productores.

En este paso se procedió a la aplicación de la encuesta y la entrevista, a los informantes clave, tanto internos como externos, representándose gráficamente el procedimiento para su aplicación, en la figura 7.

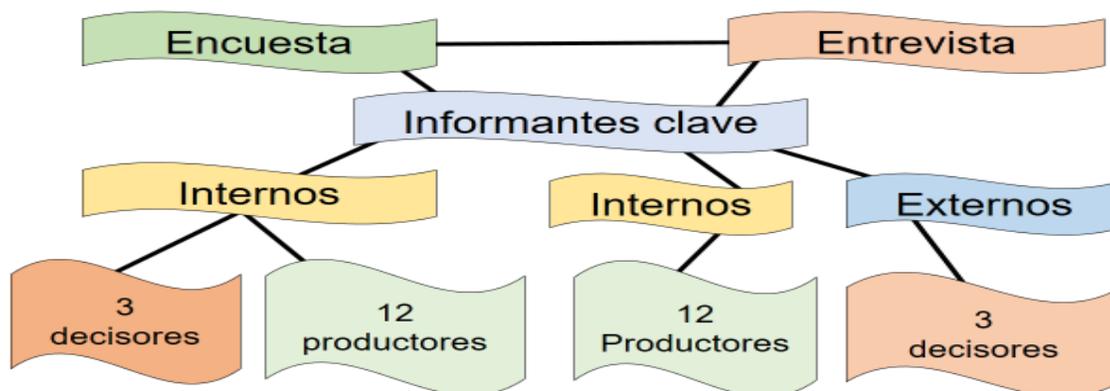


Figura 7. Procedimiento para la aplicación de la encuesta y la entrevista a informantes clave internos y externos

Fuente: elaboración propia

Para el caso de la encuesta, fue aplicada a los 12 productores y los 3 decisores de la CPA considerados como informantes internos, y se elaboró un formulario de captura de información adaptado a las condiciones de la CPA (Anexo 3).

Para la entrevista se elaboró la guía que se muestra en el Anexo 4; la cual fue aplicada a los informantes externo: dos decisores de la Delegación de la Agricultura y uno de la Asociación de Agricultores Pequeños (ANAP), quienes mantienen estrecho vínculo y relaciones de trabajo con los 12 productores, que son informantes internos de la CPA.

Los datos aportados por ambos instrumentos fueron procesados estadísticamente con el empleo del programa Automatizado SPSS v.20.

2.1.2. Identificación de la presencia de recursos propios en la CPA “Mártires de Barbados”, que pueden aprovecharse en la mejora de la fertilidad de los suelos.

Para dicha identificación se desarrolló la fase II de la investigación según se describe a continuación:

Fase II. Trabajo de campo.

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

Paso 1. Ubicación del transecto de investigación

Para ubicar este transecto fue necesario llevar a cabo un recorrido por las áreas agrícolas, observando las distintas problemáticas existentes en ellas respecto a la situación de la fertilidad del suelo, su manejo y el empleo de recursos propios como restos de cosecha y otros que pudieran aprovecharse para la mejora de dicha fertilidad.

Durante la realización de este paso, se procedió al diseño del muestreo, y para ello:

- se partió de la zonificación preliminar, obtenida como resultado del recorrido por las áreas agrícola, determinándose la Máquina 1.
- la observación de los cultivos, y la selección de cinco de estos: yuca, plátano, calabaza, frutabomba, boniato.
- organización del intercambio con los productores y decisores (internos y externos).
- ubicación y cantidad de transectos de investigación y la identificación de las zonas posibles para la observación del suelo y las plantas.
- Determinación de los síntomas que indican déficit de fertilidad en el suelo.

Para la ubicación de las zonas de muestreo, se observaron las vías de acceso y la heterogeneidad de las máquinas de riego, y dentro de éstas, se ubicaron los sitios de muestreo en la Máquina 1.

A pesar de que existen varios métodos que permiten establecer el diseño de muestreo, revisados en la literatura consultada, para la presente investigación, se consideró como el método más apropiado: la red rígida; relacionada con la ubicación estratégica de transectos transversales a las unidades que presentan algún grado de pérdida de fertilidad (Figura 8).

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

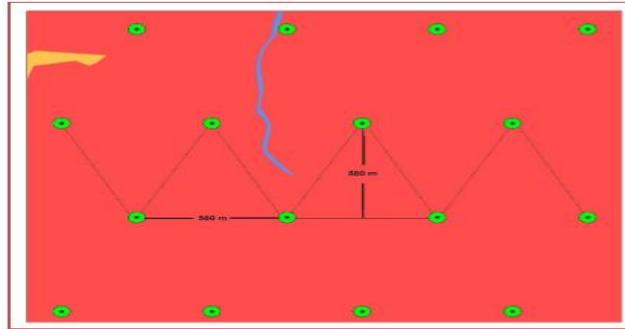


Figura 8. Puntos de muestreo con la metodología de Red rígida

Para los muestreos se procedió a la elaboración de una micro cala cuyas dimensiones fueron: 0,20 m x 0,20 m y una profundidad de 0,30 m, con el fin de observar los horizontes en el suelo estudiado; además se aplicaron barrenas que profundizaron entre 0,20-0,30 m aproximadamente (según el grosor de los horizontes A+B). Con la barrena, se observaron los cambios ocurridos en la morfología del suelo, relacionados con color, estructura, conteo de lombrices, conteo de raíces, PH, como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Horizontes del suelo

Fuente: elaboración propia

Paso 2. Observaciones y registro en el campo.

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

Estas observaciones tuvieron como finalidad poder reconocer e identificar las afectaciones en la fertilidad del suelo en el área estudiada y reconocer las que muestran mayor cobertura de presencia recursos propios como es el caso de las costras biológicas de suelo; a partir de lo cual se determinaron dos puntos, que se muestran en la figura 10.

1ro: las características morfológicas del suelo que serían evaluadas

2do: las escalas de medición para las plantas observadas en el proceso de la investigación:

Figura10. Observaciones en el campo

Fuente: elaboración propia

En este caso se previó la evaluación de las características morfológicas del suelo:

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

En un primer momento decidir si la cobertura es mayor o menor del 50 %y después hacer aproximaciones del 10%. Repetir en distintas áreas mirando en diferentes direcciones y no hacer estas estimaciones cuando el sol esté bajo ya que provoca sombras largas; el momento más adecuado es alrededor de mediodía. Estos valores son importantes para apreciar cuando y si se llega a la cobertura total, como se muestra en la figura 11, para luego determinar las características morfológicas.



Figura 11. Observación del suelo

El color del suelo indica propiedades importantes del suelo, da mucha información acerca del material que lo compone y de los factores humanos o climáticos que han alterado las rocas y sedimentos originales para dar la condición de suelo actual; funciona, además como indicador claro sobre el estado actual de drenaje (o aeración) y puede reflejar el estado de la materia orgánica del suelo, especialmente útil cuando se

comparan los suelos de tierras dedicadas al cultivo por largo tiempo y tierra debajo de hileras de árboles y cercas. En general cuanto más oscuro es el suelo, mayor es la cantidad de materia orgánica en su contenido.

Para medir el color del suelo, se procedió a tomar un terrón de la capa a describir, rompiendo el mismo, para exponer un lado fresco como se observa en la siguiente figura 12:

Color del suelo

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



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

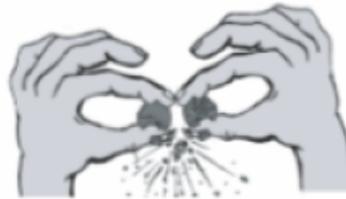


Figura 12. Procedimiento para evaluar color del suelo

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

• **Estructura del suelo**

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

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

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

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

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

1. Buena Condición (puntaje = 2): buena distribución de agregados pequeños y fragmentables, sin terrones de tamaño significativo.
2. Condición Moderada (puntaje = 1): el suelo contiene una proporción importante tanto de terrones grandes y sólidos, como de otros pequeños y fragmentables.
3. Condición Pobre (puntaje = 0): el suelo está compuesta en su mayoría por terrones muy grandes y firmes, con muy pocos agregados pequeños.

- **Textura del suelo**

Textura del suelo por el tacto según el método y dibujo permitió determinar el tipo de suelo y para ello, se empleó una cucharada de suelo en la palma de la mano y echarle unas gotas de agua, en tanto, al escurrir y amasar el suelo hasta que se adhiera a la mano, y en la medida en que se pueda moldear, como en la figura, dará una idea aproximada de la clase de textura, como se muestra en la figura 13.

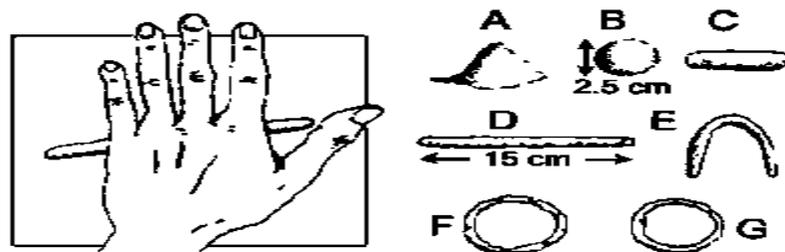


Figura 13. Determinación de la textura del suelo

- **Cuantificación de la población de lombrices**

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

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

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

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

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

- **Cuantificación de raíces**

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

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

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

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

- **Medición del pH del suelo**

El procedimiento es el siguiente:

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

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

Las escalas de medición consideraron:

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

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

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

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

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

Paso 3. Determinación de los síntomas que indican déficit de fertilidad en el suelo

Los datos obtenidos en el pasos 1 y 2 se procesaron en este tercer paso y desde sus resultados se procedió a registrar los síntomas que indican déficit de fertilidad en el suelo.

Fase III. Trabajo de análisis y procesamiento de los datos

En la ejecución de esta fase se llevaron a cabo tres pasos para el análisis y procesamiento de los datos, y la elaboración y presentación del resultado.

Paso 1. Análisis y procesamiento de los datos.

Los datos aportados en los resultados de las fases anteriores fueron organizados en hojas de Microsoft Excel.

Paso 2. Procesamiento estadístico.

Para tal fin se empleó el Sistema Automatizado conocido por sus siglas SPSS v.20, a través del cual se realizó análisis de frecuencia, y las tablas de contingencia con sus correspondientes gráficos, los cuales facilitaron su empleo para la conformación de la propuesta de solución, que se derivaron de la presente investigación.

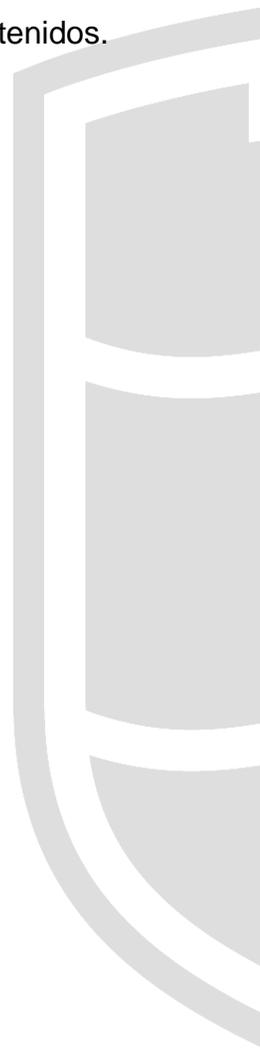
Paso 3. Elaboración de la alternativa y validación por los expertos.

En este paso se reúne toda la información y se procede a elaborar la Propuesta de alternativa a partir de una estructura metodológica, además se presenta a los expertos para su validación.

Para el proceso de validación teórica se presentan tablas ciegas en los anexos 8 y 9, con los aspectos considerados para los expertos, y se tuvo en cuenta los criterios que plantean (Escobar-Pérez, J & Cuervo-Martínez, A, 2008), luego, se confeccionó la matriz criterio por cada elemento propuesto, en base a 100 puntos. Luego se determinó el coeficiente de concordancia por cada uno de los elementos (C_j) evaluados mediante una escala del 1 al 5, donde 5 es muy adecuado, 4 es adecuado, 3 es satisfactorio, 2 poco adecuado y 1 es inadecuado. Luego esta escala fue convertida a 100 donde el valor 1 es un rango del 1 al 15 y el grado de concordancia por elemento, después de la

Capítulo 2. Materiales y métodos

aplicación de las fórmulas contenidas en el Paquete automatizado SPSS v. 20, debe ser un valor superior a 75. Finalmente se procesan los resultados obtenidos.



Capítulo 3. Resultados y discusión

3.1. Resultados de la caracterización de la CPA “Mártires de Barbados”, en sus aspectos generales, con énfasis en la fertilidad que muestran los suelos de uso agrícola.

3.1.1. Resultados de la caracterización de la CPA

- **Ubicación geográfica**

La CPA “Mártires de Barbados”, se encuentra ubicada en el Consejo Popular Rancho Luna, perteneciente al municipio Cienfuegos y se localiza entre las coordenadas geográficas: X = 560 – 566, Y = 244 – 246. Limita al norte y al sur con la Empresa Pecuaria La Sierrita, al este con la Granja Santa Martina de la Empresa Hortícola Cienfuegos y al oeste, con áreas de la Empresa Forestal Integral. Su centro administrativo, se localiza a una distancia de 12 Km de la ciudad de Cienfuegos, tomando por la carretera Cienfuegos – Rancho Luna.

En la figura 14, se muestra la ubicación geográfica de la CPA “Mártires de Barbados” dentro del municipio Cienfuegos.



Figura 14. Ubicación geográfica de la CPA “Mártires de Barbados”

Como se aprecia en el mapa de ubicación, esta CPA se encuentra enclavada en el litoral costero aledaño a la Bahía de Cienfuegos, lo cual ha influido tanto en el comportamiento del régimen de precipitaciones, de vientos y en la formación de los tipos de suelos predominantes.

Análisis de la fuerza laboral

Esta CPA se subordina metodológicamente a la UEB Agropecuaria Cienfuegos de la Delegación Municipal Cienfuegos, del Ministerio de la Agricultura, cuenta con una fuerza laboral compuesta con un total de 81 trabajadores, que se desglosan según su

Capítulo 3. Resultados y discusión

categoría ocupacional de la forma siguiente: un dirigente (1.2%), dos administrativos (2.4%), tres técnicos (3.7%), 21 de servicios (25.9%), y 54 directos a la producción (66.1%), como se muestra en la figura 15.

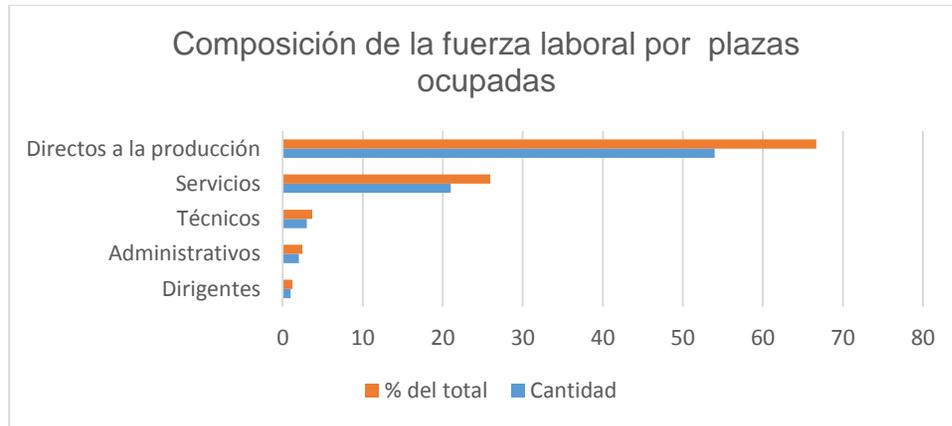


Figura 15. Composición de la fuerza laboral por categoría ocupacional de la CPA “Mártires de Barbados”

Fuente: registro de fuerza laboral (cierre diciembre /2019).

Como se aprecia en este gráfico, el contar con una fuerza calificada de tres técnicos (3.7%) y 54 directos a la producción (66.1%), conlleva a que las áreas destinadas a la producción agrícola no cuenten con la atención requerida, por lo que las prácticas agronómicas que reciben los cultivos no son suficientes ni controladas eficazmente su calidad de ejecución, lo cual constituye una barrera a vencer para el empleo de las buenas prácticas agrícolas, el adecuado uso y manejo del suelo y por ende, esto se traduzca en mejores resultados productivos.

En la figura 16, se muestra el desglose de la fuerza laboral según sexo y nivel de escolaridad.

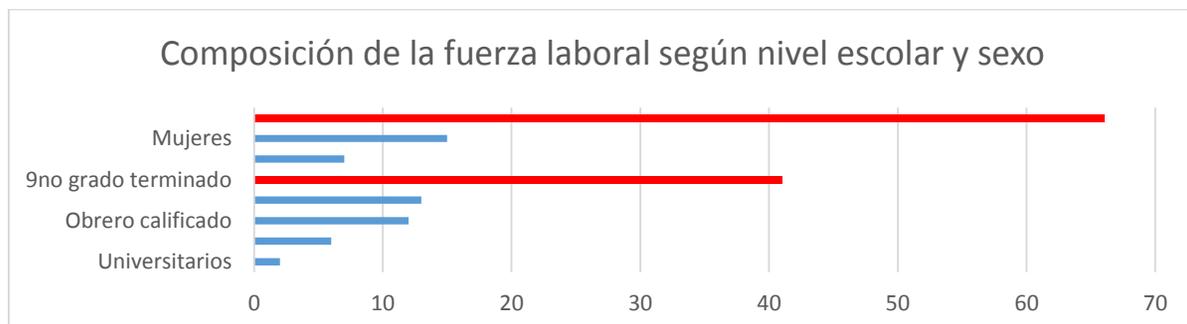


Figura 16. Composición fuerza laboral, según sexo y nivel escolar de la CPA “Mártires de Barbados”

Fuente: registro de fuerza laboral (cierre diciembre /2019).

En la valoración de la composición de la fuerza laboral de la CPA “Mártires de Barbados”, que se muestra en el gráfico, se corrobora la predominancia del sexo

Capítulo 3. Resultados y discusión

masculino respecto al femenino, por lo que es preciso se haga un análisis por parte de los decisores que integran la Junta Directiva de la CPA en función de revisar de las actividades que actualmente se realizan en la misma, cuáles pueden ser desarrolladas por las mujeres de la comunidad, así como, evaluar la posibilidad de la búsqueda de otras fuentes de empleo para estas, lo que al final se traducirá en mejoras de los resultados en su gestión productiva.

También en el gráfico quedó demostrado que la mayoría de dicha fuerza laboral no está calificada adecuadamente; y se reconoce que resulta insuficiente para los objetivos de la unidad, por lo que se infiere la necesidad de planificar a través de diferentes vías elevar el nivel de conocimientos de los trabajadores, con énfasis en los directos a la producción, en este sentido, la Junta Directiva, deberá enfocar acciones hacia la búsqueda de incentivos para a través de la mejora de las condiciones laborales y la facilidad para la superación profesional y técnica, se logre motivar a jóvenes de la comunidad aledaña a la cooperativa para formar parte de su fuerza laboral.

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

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

- **Resultados de la caracterización biofísica de la CPA “Mártires de Barbados”**
- **Suelos y uso de suelos**

De la revisión documental realizada a los documentos rectores para el funcionamiento de la CPA "Mártires de Barbados", se encontró que esta cooperativa cuenta con una

Capítulo 3. Resultados y discusión

superficie agrícola total de 677,63 ha; distribuidas según su uso como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Desglose del uso de suelo actual de la CPA “Mártires de Barbados”

Desglose de la superficie agrícola por uso de suelo	Área (ha)	% que representa de la superficie total
Cultivos varios	191,32	28,23
Ganadería	268,63	39,64
Forestal	170,49	25,16
Frutales	27,94	4,12
Ociosa	4,53	0,67
No apta	4,31	0,64
Bajo sistema de riego	181,52	26,79

Fuente: Resolución No. 1901 (29 de julio de 2005), Resolución 982 (8 de agosto del 2011), Resolución 673 (4 de noviembre de 2013), emitidas por el Ministerio de la Agricultura, de la República de Cuba.

Como se aprecia en la tabla anterior, puede plantearse que en sentido general, esta unidad agrícola cumple con el objeto social asignado por el Ministerio de la Agricultura, según la Resolución No. 1901 de fecha 29 de julio de 2005, emitida por el Ministerio de la Agricultura y que recientemente, fue ampliada indistintamente, por las Resoluciones 982 (8 de agosto del 2011) y la 673 (4 de noviembre de 2013), ambas emitidas por el Ministerio de la Agricultura, de la República de Cuba.

Sin embargo, en el recorrido efectuado por sus áreas agrícolas, se evidenció que desarrolla una gestión productiva con poca diversificación en los cultivos establecidos y en la actividad ganadera, ya que, en el caso de los cultivos, tradicionalmente se siembran: maíz (*Zea mays*), Plátano vianda (*Musa spp*), Plátano fruta (*Musa spp*), Plátano burro (*Musa spp*), Fruta bomba (*Carica papaya*), Boniato (*Ipomoea batatas*), Yuca (*Manihotesculenta*Crantz), Mango (*Mangifera indica*), en ocasiones sin realizar un aprovechamiento óptimo de las máquinas de riego instaladas, no hacen uso de buenas prácticas agrícolas, como rotación de cultivos, policultivos, entre otras y no se ha previsto trabajar en función de la siembra de otros cultivos donde la unidad tradicionalmente tuvo buenos resultados; de igual modo, sucede con la actividad ganadera donde han perdido la experiencia que tenían en la crianza conejos y cerdos, cuyas excretas se empleaban en la producción de humus de lombriz.

Como se deriva de este análisis, la no aplicación de buenas prácticas agrícolas, conjuntamente con procesos naturales generados por el Cambio Climático, como es el

Capítulo 3. Resultados y discusión

caso de la sequía recurrente y las inundaciones que han ocurrido, ha dado lugar a la presencia de procesos de degradación de suelos como la erosión, lo cual, a su vez, incide de forma desfavorable en la fertilidad de los suelos.

Estas áreas agrícolas están sustentadas fundamentalmente sobre tres subtipos de suelos: Aluvial, Diferenciado (XXVI T); Fersialítico Pardo Rojizo, Típico (VIII A) y Rendzina Roja, Típico (XIII A), según criterios de la Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (IS, 1989), siendo el predominante el Aluvial Diferenciado en más del 60 % de la superficie agrícola.

Según la información tomada del mapa básico de suelos del estudio genético, realizado en el municipio Cienfuegos a escala 1:25 000 el subtipo predominante cuenta como principales características, que se sustenta sobre Materiales transportados arcillosos y se formaron sobre materiales sedimentarios recientes, se encuentra saturado, la profundidad de los horizontes A+B es calificada en el rango media (20-50 cm), es poco humificado (contenido de MOS < 2%); muestran una textura ligera de Loam arenoso, una profundidad efectiva (hasta donde puede desarrollarse el sistema radicular sin limitantes) de 35 cm por lo que es calificada en el rango poco profundo (25-50 cm) y se desarrollan en un nivel de pendiente calificada en el rango Llano (0,5-1,0 %).

Estos suelos poseen como principales limitantes para el uso agrícola ser altamente resecantes (poca retención de humedad), su Baja fertilidad natural (contenido de MOS \leq 1,0%) y por la posición topográfica que ocupan cercanos generalmente a márgenes de ríos y al litoral costero, pueden contener sales a diferentes profundidades del perfil de suelo, limitándose el desarrollo del sistema radicular de los cultivos y, por ende, su uso agrícola.

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

El análisis realizado permitió reconocer que como no se tiene en consideración la planificación de acciones para contrarrestar el efecto desfavorable de los factores limitantes del tipo de suelo Aluvial, predominante en la CPA, estos inciden desfavorablemente en su gestión productiva, razones por las cuales se aprecia la

pérdida de su capacidad agrícola y de su fertilidad, lo cual coincide con la opinión que al respecto plantean investigadores como (Hernández, A et al., 2015); (Machado D. M, Gervasio, M. E, Fernádes, A, Ribeiro, C. E. G, & Menezes, 2015); (Mojica, H, 2017); (Hernández, E et al., 2018) y (Gómez, L, 2018), quienes proponen que el manejo de la fertilidad de los suelos, en los sistemas de producción debe apoyarse en alternativas donde se integran las prácticas de conservación del suelo y del agua y la capacitación de productores y decisores en temas relacionados a este manejo, entre otras acciones.

- **Clima**

En la zona geográfica donde se ubica la CPA “Mártires de Barbados,” el clima es tropical, estacionalmente húmedo, con influencia marítima, modificándose de forma significativa por la existencia de la costa, por lo que se aprecia una estabilidad en el régimen térmico, con una pequeña oscilación diaria, elevado potencial de radiación solar, gran constancia en la dirección de los vientos predominantes y elevada humedad ambiental.

En cuanto al acumulado de precipitación media en la provincia es de 1424 mm, de éstos 1158 mm (80%) caen en el período lluvioso del año (mayo-octubre) y 266 mm caen en el período poco lluvioso (noviembre- abril), siendo junio el mes más lluvioso con un acumulado medio histórico de 261mm y el más seco, diciembre con sólo 25 mm de acumulado.

En el caso particular de la CPA “Mártires de Barbados”, este comportamiento es similar, lo cual se corrobora con los datos de pluviosidad que se registraron en el período comprendido entre los años 2016 a 2019, en el pluviómetro ubicado en esta unidad y que se muestran en la figura 17. Nótese como en el 2019 hay un descenso respecto a los años 2017 y 2018, lo cual ha influido negativamente en la fertilidad de los suelos.

Capítulo 3. Resultados y discusión

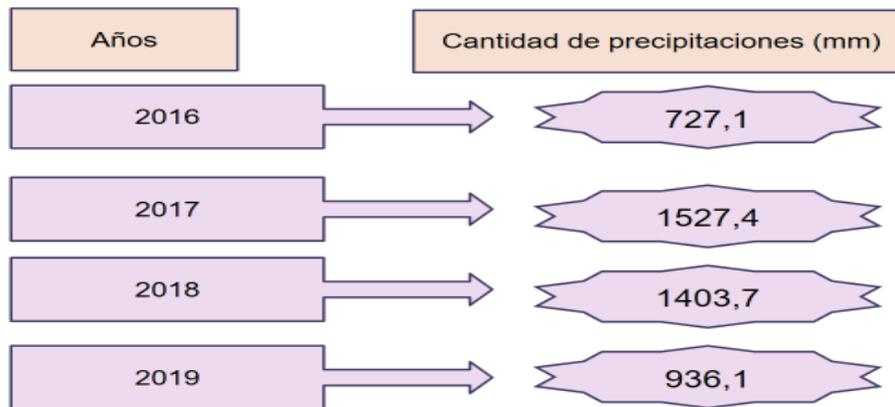


Figura 17. Precipitaciones registradas entre 2016 y 2019 en la CPA “Mártires de Barbados”

Fuente. Registro del Pluviómetro ubicado en la CPA “Mártires de Barbados” en el período (2016-2019)

El comportamiento del clima y su proximidad al litoral costero ha traído por consecuencias que en la CPA objeto de estudio se aprecian manifestaciones de pérdida de la capacidad productiva en diferentes áreas de uso agrícola, ya sea por pérdidas de nutrientes por el arrastre de las aguas del río o por la presencia de sales provocado por la intrusión del mar al manto freático.

Esta problemática demanda de forma urgente el empleo de tecnologías para el manejo de suelo, agua y los cultivos, que se traducen en el empleo de buenas prácticas de forma integrada en función de mejorar las propiedades y características de los suelos de uso agrícola de esta cooperativa y se incremente su nivel de fertilidad y capacidad productiva.

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

- **Resultados del intercambio con los decisores y productores**

El análisis del intercambio con los decisores y productores que se detalla a continuación se apoya en los resultados aportados por la encuesta y la entrevista aplicadas, donde se evidenció cómo se manifiesta el nivel de conocimientos sobre la fertilidad que

Capítulo 3. Resultados y discusión

muestran los suelos de uso agrícola en el contexto de estudio, cuyos ítems evaluados se pueden consultar en el anexo 3.

Los resultados de la encuesta fueron procesados según los datos obtenidos, los cuales se representaron cualitativamente en el análisis de la tabla 2, en porcentos.

Tabla 2. Nivel de conocimientos de los informantes internos (decisores y productores) de la CPA “Mártires de Barbados” acerca de la fertilidad de suelos (período 2018-2019).

Ítems	Decisores internos			Productores internos		
	Bien	Regular	Mal	Bien	Regular	Mal
1	33.3	33.3	33.3	16.6	41.6	41.6
2	66.6	33.3	0.0	0.0	50.0	50.0
3	33.3	33.3	33.3	0.0	33.3	66.6
4	33.3	33.3	33.3	0.0	25.0	75.0
5	33.3	66.6	0.0	0.0	41.6	58.3
6	33.3	66.6	0.0	16.6	33.3	50.0
7	33.3	66.6	0.0	16.6	33.3	50.0
8	33.3	66.6	0.0	16.6	33.3	50.0
9	0.0	100	0.0	0.0	66.6	33.3
10	0.0	33.3	66.6	0.0	16.6	83.3
11	0.0	66.6	33.3	0.0	33.3	66.6
12	0.0	66.6	33.3	0.0	33.3	66.6

Fuente: elaboración propia

El análisis del resultado de la encuesta a los decisores y productores (informantes internos) centró su atención en las cifras más representativas entre las ideas valoradas, tomándose los criterios de la mayoría, según ítems de la encuesta aplicada; todo lo cual permitió determinar el comportamiento en la interacción de la CPA con las instituciones que se relacionan con ella desde el punto de vista de su asesoramiento técnico o de gestión del conocimiento en temas particulares como la fertilidad de suelos y su manejo, causas que provocan su déficit, entre otros, es valorado por los decisores indistintamente como bien, regular y mal en un 33.3% y por los productores de regular y mal en un 41.6%, coincidiendo en ese sentido.

Capítulo 3. Resultados y discusión

En la valoración de los conocimientos acerca de la fertilización de los suelos de uso agrícola, los decisores infieren que es bien (66.6%) y los productores coinciden en un 50.0 % en que es regular y mal.

En la consideración de cómo se manifiestan los conocimientos acerca de la calificación e implicación de la diversificación de la producción en la pérdida de la fertilidad del suelo; los decisores, presentan ideas muy divergentes al considerarlo de bien, regular y mal por el 33.3%; y los productores de mal, representados por un 66.6%.

Así, las consideraciones sobre cómo se manifiestan los conocimientos acerca del manejo del agroecosistema en la pérdida de la fertilidad del suelo, los decisores mostraron similar comportamiento con el ítem anterior, mientras los productores por mayoría (75.0%) valoraron de mal ese aspecto.

Los conocimientos acerca de la aplicación de acciones de innovación científica como prácticas de manejo agrícola de los cultivos y/o recursos naturales (suelo y agua) en los agroecosistemas para la mejora de la fertilidad del suelo fue analizado por los decisores en su mayoría de regular (66.6%) y los productores contradicen esa idea al valorarla de mal en un 58.3%.

Se observó como una regularidad la coincidencia de las cifras en los ítems que refieren el comportamiento de las experiencias acerca del manejo de la fertilidad del suelo y su influencia en los rendimientos agrícolas de los cultivos; los conocimientos en la identificación y uso de los recursos propios existentes en la CPA, que pueden ser aprovechables, en la mejora de la fertilidad de sus suelos; y para la aplicación de residuos de cosecha como una vía factible en la mejora de la fertilidad del suelo, al utilizarlos como abono verde; y en ello los decisores coinciden en un 66.6% al considerarlo de regular y los productores se contraponen en un 50.0% al señalarlo como mal.

Otro detalle interesante, fue que en los ítems del 9 al 12 no se encontraron respuestas en la casilla de bien, tanto en productores como en decisores; y en la tabulación de las respuestas que refiere sus conocimientos acerca del uso de la lombricultura y el compost, todos los decisores, representados por el 100.0% determinaron que es regular coincidiendo en ello, la mayoría de los productores, representados por el 66.6%.

Capítulo 3. Resultados y discusión

En cuanto a los conocimientos sobre las costras biológicas, que pueden constituirse como un recurso propio o alternativa en la mejora de la fertilidad del suelo; por mayoría coincidieron decisores (66.6%) y productores (83.3%) en se encuentra mal.

En relación a la proyección de la capacitación hacia el uso y manejo del suelo en función de conservar su fertilidad y a las actividades que se realizan en la CPA para la explotación agrícola actual y la conservación de los suelos, la mayoría de los decisores (66.6%) estima que está regular y los productores (66.6%) contradicen esa idea, pues para ellos está mal.

Los resultados que se procesaron estadísticamente fueron representados en tablas de frecuencia y contingencia, las cuales se muestran en el anexo 5, determinándose que prevalecen las ideas de los productores sobre los decisores y en ello, sobresalen las respuestas que indican regular y mal.

El análisis realizado en este resultado de la encuesta corroboró que investigadores nacionales coinciden al valorar la necesidad de proyectar acciones que permitan suplir el déficit de conocimiento respecto a la fertilidad de los suelos: Mojica (2017); Hernández, et al., (2018); Gómez (2018); Maura, & Febles (2018); quienes se pronuncian hacia el empleo de alternativas que suplan dicho déficit y favorezcan el aprovechamiento de las condiciones físicas del suelo, a partir del aprovechamiento de soluciones locales, desde las cuales se gestione el conocimiento.

Los resultados de la entrevista a los tres informantes externos y los doce productores de la CPA “Mártires de Barbados”, fueron procesados según los datos obtenidos, los cuales se representaron cualitativamente en el análisis de la tabla 3, en porcentos.

Tabla 3. Nivel de conocimientos de los informantes externos (decisores) y los internos (productores) de la CPA “Mártires de Barbados” acerca de la fertilidad de suelos (período 2018-2019).

Ítems	Decisores externos					Productores internos				
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Nulo	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Nulo
1	0.0	33.3	33.3	33.3	0.0	0.0	0.0	83.3	16.6	0.0
2	0.0	33.3	66.6	0.0	0.0	0.0	0.0	58.3	41.6	0.0
3	0.0	33.3	0.0	66.6	0.0	0.0	0.0	58.3	41.6	0.0
4	0.0	33.3	0.0	66.6	0.0	0.0	0.0	58.3	41.6	0.0
5	0.0	33.3	33.3	33.3	0.0	0.0	0.0	33.3	66.6	0.0

Capítulo 3. Resultados y discusión

6	0.0	33.3	0.0	66.6	0.0	0.0	0.0	33.3	66.6	0.0
7	0.0	33.3	0.0	66.6	0.0	0.0	0.0	25.0	66.6	25.0

Fuente: elaboración propia

Dicho análisis centró su atención en las cifras más representativas entre las ideas valoradas por los informantes clave, tanto de decisores externos como de productores internos, tomándose los criterios de la mayoría, según ítems de la entrevista.

Al determinar el nivel de conocimientos que tienen sobre la fertilidad que muestran los suelos de uso agrícola de la CPA “Mártires de Barbados”, los decisores mostraron puntos divergentes, pues no tuvieron coincidencia en las ideas e indistintamente marcaron de alto, medio y bajo, representados por un 33.3%; y los productores por mayoría (83.3%) lo consideraron medio.

El nivel de conocimientos que tienen sobre la presencia de recursos propios de los suelos de uso agrícola, de la CPA “Mártires de Barbados”, que pueden ser aprovechables, en la mejora de la fertilidad de los suelos, y sobre el uso que realizan de los recursos propios de los suelos, fue valorado por los decisores como bajo en un 66.6% y los productores coincidieron de acuerdo con esa idea, en un 58.3%.

El nivel de conocimientos para la aplicación de residuos de cosecha como una vía factible en la mejora de la fertilidad del suelo, al utilizarlos como abono verde, los decisores no tuvieron coincidencia en las ideas e indistintamente marcaron de alto, medio y bajo, representados por un 33.3%; y los productores por mayoría (66.6%) lo consideraron de bajo.

En relación a los conocimientos acerca del uso de la lombricultura y el compost, tanto decisores (66.6%) como productores (66.6%) asumieron que es bajo; así el nivel de conocimientos que tienen sobre las bondades de las costras biológicas para la mejora de la fertilidad de suelos de uso agrícola de la CPA “Mártires de Barbados”, considerando que es un recurso propio del suelo; fue valorado por los decisores (66.6%) y por los productores (66.6%) de la misma forma.

Los resultados de la entrevista fueron procesados estadísticamente y representados en tablas de frecuencia y contingencia, las cuales se muestran en el anexo 6 determinándose que prevalecen las ideas de los productores sobre los decisores y en ello, sobresalen las respuestas que indican el nivel bajo.

Capítulo 3. Resultados y discusión

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

Al realizar la triangulación de estos métodos: encuesta y entrevista, se pudo establecer una correspondencia entre los resultados obtenidos, según las fuentes de información, y corroborar la confiabilidad de dichos resultados, los cuales apuntan hacia un déficit en el nivel de conocimientos de los productores, que en ocasiones no es reconocido por los decisores, y que afecta la productividad de CPA “Mártires de Barbados”, al no considerar la gestión del conocimiento como una vía que puede ser utilizada para la mejora de la fertilidad de los suelos, afectándose desde ese particular las producciones.

- **Resultado de tecnologías que como alternativas se emplean para el manejo de la fertilidad de suelos en la CPA objeto de estudio**

Del análisis realizado por cultivos relacionado con el empleo de tecnologías que se emplean como alternativas biológicas para el manejo de la fertilidad de los suelos de uso agrícola de la cooperativa se encontró:

- Cultivo plátano (*Musa spp*); se le aplica de forma sistemática *Bacillus Thurigiensis*, como control biológico de patógenos, el FitoMas que permite superar las afectaciones por déficit de nutrientes y se dejan en el campo los restos de cosechas que se le aplican identificándose como una debilidad, la no existencia de un área para el desarrollo de la lombricultura para la producción de humus, el compost, o la aplicación de otros biofertilizantes de los que se producen a nivel territorial.
- Cultivo frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Se dan de 1-3 aporques para garantizar que el campo cierre limpio de malezas, aplicándose herbicidas que pueden ser pre o post-emergente dependiendo del tipo de maleza, también se destinan otros plaguicidas químicos en dependencia del agente patógeno. Para la fertilización,

Capítulo 3. Resultados y discusión

se emplean fórmulas completas de fertilizantes (NPK) a razón de 447kg.ha⁻¹ y urea que se aplica mediante el fertirriego a los 25 días de sembrado; también se aplica el FitoMas, el cual es utilizado en la fase vegetativa 0,5 l.ha⁻¹, en la fase de floración 1 l*ha⁻¹ y 0.5 l*ha⁻¹ en la fase de llenado de la vaina. El riego se lleva a cabo con el empleo de máquinas de Pívo central.

- Cultivo Calabaza (*Cucurbita moschata*, Duch.). En la primera etapa de desarrollo se realizan de una a dos limpieas con guataca en el hilo. Se aplica aplicándose fórmulas completas de fertilizantes (NPK) a 447 Kg/ha y urea la cual se aplica mediante el fertirriego, además de herbicidas que pueden ser pre o post emergente dependiendo del tipo de maleza, y otros plaguicidas químicos en dependencia del insecto o agente patógeno, el riego se realiza con máquinas de Pívo central.
- Cultivo boniato (*Ipomoea batatas*). En el cultivo y aporque se toma una frecuencia semanal, el deshierre se realiza cuando sea requerido y se aplican pre-emergente: 0 – 4 días o dar una aplicación con graminicida, la fórmula completa con relación de nutrientes de (2:1:3) se aplica a 373 Kg/ha, y el riego se realiza con máquinas de Pívo central.
- Cultivo yuca (*Manihote sculenta* Crantz). Cultivos: Cada 7 días hasta que la plantación lo permita, la fertilización se realiza con fórmula completa con una dosis de 373 Kg/ha, y se utiliza el *Bacillus thuringiensis*, a razón de 10 l.ha cada 4 -7 días para el control de la primavera de la yuca, el riego: se realiza el mine y un vivo y el resto es seco.
- Cultivo tomate (*Solanum lycopersicum*). Se realizan de uno a tres aporques para garantizar que el campo cierre limpio de malezas, la fórmula completa: (9-13-17) con una dosis de 745 kg/ha, el control de plagas es integrado (químico y biológico) y el riego se realiza con máquinas de Pívo central. El uso del FitoMas es aplicado a una dosis total de 3 l/ha y se aplicará en 4 momentos: inmediatamente después del trasplante, a los 25-30 del trasplante y a los 45-50 días del trasplante y a los 70-80 días después del trasplante.
- Cultivo fruta bomba (*Carica papaya*). El control de malezas se hace de forma manual y química, la fertilización la realizan con fórmulas completas (NPK) 10-30-10 con una dosis de 1900 Kg/ha fraccionada en tres aplicaciones, el deshije

Capítulo 3. Resultados y discusión

es otra de las atenciones que se le realiza al cultivo y se le aplican pesticidas para el control de insectos y agentes patógenos.

Resultados del análisis de los resultados productivos por cultivo

Derivado de la revisión documental de los informes de producción correspondientes al período entre 2018 y 2020, se obtuvo la información que se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la producción por cultivos (período 2018- 2020)

Cultivos en producción	Área ha	Producción (t)	Rendimiento (t*ha ⁻¹)
Total	296.1	1599.8	
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	9.8	10.8	1.1
Calabaza (<i>Cucurbita moschata</i> , Duch.)	3.7	25.9	7.0
Plátano burro (<i>Musa spp</i>)	3.0	30.9	10.3
Plátano fruta (<i>Musa spp</i>)	17.6	352.0	20.0
Plátano vianda (<i>Musa spp</i>)	12.6	126.3	10.0
Boniato (<i>Ipomoea batatas</i>)	5.1	51.0	10.0
Yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	2.0	8.0	4.0
Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	6.0	78.0	13.0
Fruta bomba (<i>Caricca papaya</i>)	8.3	249.3	30.0
Especie principal			
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	9.8	10.8	1.1
Plátano (<i>Musa spp</i>) total	33.2	509.2	13.4
Forestales	170.49		
Otras producciones			
Mango (<i>Mangifera indica</i>)	14.3	147.6	10.3

Fuente: Informes de producción anual 2018- 2020.

En la caracterización se analizaron las limitaciones para el trabajo agrícola, constatándose desde el punto de vista organizativo que: los insumos no se asignan oportunamente, el sistema de pagos no satisfacen las necesidades de los trabajadores; y técnicamente el personal no tiene la calificación adecuada para la aplicación de las

Capítulo 3. Resultados y discusión

tecnologías agrícolas, resultando una limitación ante el avance acelerado científico-técnico.

Las atenciones culturales no se realizan con la mejor calidad por insuficiencia de personal calificado y de tecnologías; además las maquinarias son insuficientes como por ejemplo: sembradoras, cosechadora y carretas, así como los equipos de transporte y los implementos agrícolas, siendo carentes las piezas de repuesto de la maquinaria y el riego.

Los factores limitantes de la producción se identificaron en:

- La calidad del suelo o sustrato, pues generalmente son suelos arenosos con baja cantidad de materia orgánica, influyendo en el bajo rendimiento de los cultivos, lo cual exige altos volúmenes de fertilizantes; la formación de cárcavas y depósitos de arena por intensas lluvias y la infestación intensa de malas hierbas como el Don Carlos (*Sorghum halepense* Pers) y el guisano de caballo (*Xanthium strumarium* L).
- Las atenciones culturales al suelo, en las cuales hay fallos en la gestión del conocimiento para poner en práctica tecnologías y procesos que mitiguen los efectos negativos en su fertilidad.
- El drenaje, es otro factor limitante, pues las áreas que están bajo pívot tienen problemas con las nivelaciones de los suelos con formación de charcos donde el cultivo desaparece en primavera y también se presenta inundación frecuente de las áreas por las crecidas del río Arimao.
- La erosión favorece la formación de cárcavas y depósitos de arena en dos pívots de riego (3 y 4).
- Otro factor limitante, es la calificación de la fuerza de trabajo.

Así, se identificaron otros factores que no limitan la producción: topografía, cobertura, color y materia orgánica, rocosidad / pedregosidad, profundidad efectiva; y la fertilización que se realiza de forma orgánica, e inorgánica, por fórmulas, formas, momentos y dosis de aplicación y se aplican fertilizantes inorgánicos: NPK y urea la cual se aplica mediante el fertirriego, aprovechándose algunos de los residuales, que se incorporan al suelo, principalmente en el plátano (*Musa* spp).

El sistema de riego que se utiliza es la aspersion por pívot central y es el más adecuado para los cultivos; sin embargo se presentan insuficiencias motivadas por la falta de repuesto de boquillas y la uniformidad del riego no alcanza el 85 % que es lo adecuado

para esta técnica, el riego no se realiza por pronóstico teniendo en cuenta la evapotranspiración diaria y las necesidades por etapas fenológica.

3.1.2. Resultados de la identificación de la presencia de recursos propios en la CPA “Mártires de Barbados”, que pueden aprovecharse en la mejora de la fertilidad de los suelos.

Los resultados de esta fase muestran que la cobertura del suelo tiene deficiencias, lo cual se corroboró en los datos que indican el análisis de las características morfológicas del suelo, entre estas:

- El color, que indica propiedades importantes de dicho suelo, presentándose, generalmente de aspecto opaco y grisáceo, lo cual demuestra una aeración reducida y una tendencia a un estado de poca oxigenación y anegamiento, y refleja que el estado de la materia orgánica del suelo, es de contenido escaso, pues, en general cuanto más oscuro es el suelo, mayor es la cantidad de materia orgánica en su contenido.
- La estructura del suelo, permitió determinar que tiene una pobre condición, pues el puntaje alude a un pie de arado desarrollado en la parte baja de la superficie (o parte superior del subsuelo) con una estructura masiva de consistencia firme a extremadamente firme y pocas o ninguna rajadura o poro. En tanto se corresponde con la distribución en tamaño de los agregados, pues el suelo está compuesto en su mayoría por terrones muy grandes y firmes, con muy pocos agregados pequeños y en ello se observó que el suelo es degradado y tiende a tener unidades más gruesas que los suelos con buena estructura. Luego, esta propiedad es muy importante para la fertilidad del suelo, mostrándose que el nivel de conocimientos que se tiene por los productores y decisores es pobre en relación con la mejora de la fertilidad.
- La textura del suelo, se presenta entre arenosa y arcillosa, lo cual influye en su fertilidad. La cuantificación de la población de lombrices mostró que es poca o escasa y que existe poca materia orgánica en el suelo, luego la aeración está afectada, fundamentalmente en los poros interconectados, y en la infiltración del agua y reducción del encostramiento, y al no existir la compactación, no hay existencia de comida abundante para otras especies que viven en el suelo y

Capítulo 3. Resultados y discusión

dependen del mismo, mejorando con su presencia las condiciones del suelo. También se apreció la presencia de abundantes caracoles a una profundidad de 54cms, medidos en la calicata desde la superficie hacia las capas u horizontes inferiores, lo que corrobora la penetración del agua del mar a través del manto freático en los prolongados períodos de sequía que han afectado a la CPA en los últimos 10 años.

- En la cuantificación de raíces, se mostró, que hay una condición pobre al evidenciarse una restricción severa tanto horizontal como vertical; en la presencia de raíces con forma de “L”; y una densidad excesiva de raíces en la superficie; o raíces aplastadas entre unidades de tierra, afectándose la fertilidad del suelo.
- La medición del pH del suelo, mostró que al añadirle unas gotas de limón se observó efervescencia, luego se denota que en este tipo de suelo puede existir la presencia de carbonatos fundamentalmente de calcio desde los horizontes superficiales, por lo que el pH pudiera mostrar valores que califiquen en los rangos desde ligeramente alcalino a alcalino, por lo que se recomienda la necesidad de realizar análisis de suelo para realizar la toma de decisiones respecto a su uso y manejo agrícola.

A continuación se muestran fotos que ilustran el proceso de investigación desarrollado.



Foto 1. Propiedades químicas, pH: añadiendo gotas de limón en una fracción de suelo se observó efervescencia. Autor: Liudnavy Rodríguez García. Fecha: octubre de 2018. Lugar: CPA



Foto 2. Materia orgánica: observando el cambio de coloración entre los horizontes o capas del perfil de suelo. Autor: Liudnavy Rodríguez García. Fecha: noviembre de 2018. Lugar: CPA

Capítulo 3. Resultados y discusión



Foto 3. Estructura: se observó en la calicata realizada que se muestra una estructura granular. Autor: Liudnavy Rodríguez García. Fecha: octubre de 2018. Lugar: CPA



Foto 4. Textura: se observó una textura de tipo loam arenosa en superficie variando a arenosa en profundidad. Autor: Liudnavy Rodríguez García. Fecha: octubre de 2018. Lugar: CPA



Foto 5. Color (en seco): el suelo mostró un color Pardo oscuro en la superficie que cambia a Pardo amarillento y amarillo en profundidad. Autor: Liudnavy Rodríguez García. Fecha: octubre de 2018. Lugar: CPA



Foto 6. Propiedades biológicas: conteo de lombrices. Autor: Liudnavy Rodríguez García. Fecha: noviembre de 2018. Lugar: CPA

Además, se determinaron los recursos propios del suelo que pudieran ser aprovechados para mejorar su fertilidad, entre estos, la CBS, que se encuentran ocupando la superficie del suelo y pueden observadas a simple vista, como se muestra en las fotos siguientes:



Foto 7. Identificación de CBS en la CPA. Autor: Liudnavy Rodríguez García. Fecha: noviembre de 2018.
Lugar: CPA

Así se determinaron como síntomas que indican el déficit de nutrientes en el suelo y en las plantas observadas, que afectan la fertilidad los siguientes:

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

3.2. Resultados de la propuesta de alternativas en la mejora de la fertilidad de los suelos de uso agrícola en la CPA “Mártires de Barbados.

Partiendo del análisis de la información y datos anteriores, se procedió a la elaboración de la Propuesta con alternativas de mejora para la fertilidad de los suelos de uso agrícola, que favorece el aprovechamiento de los recursos propios en la CPA “Mártires de Barbados”, cuyos elementos estructurales fue evaluado como pertinente, coherente y viable por el 100 % de los integrantes del Grupo de Informantes clave y en ello, se consideró la siguiente estructura: objetivo, análisis de antecedentes, fundamentación,

líneas base (alternativas) con sugerencias para el desarrollo de cada alternativa; dicha estructura se representa gráficamente en la figura 18.

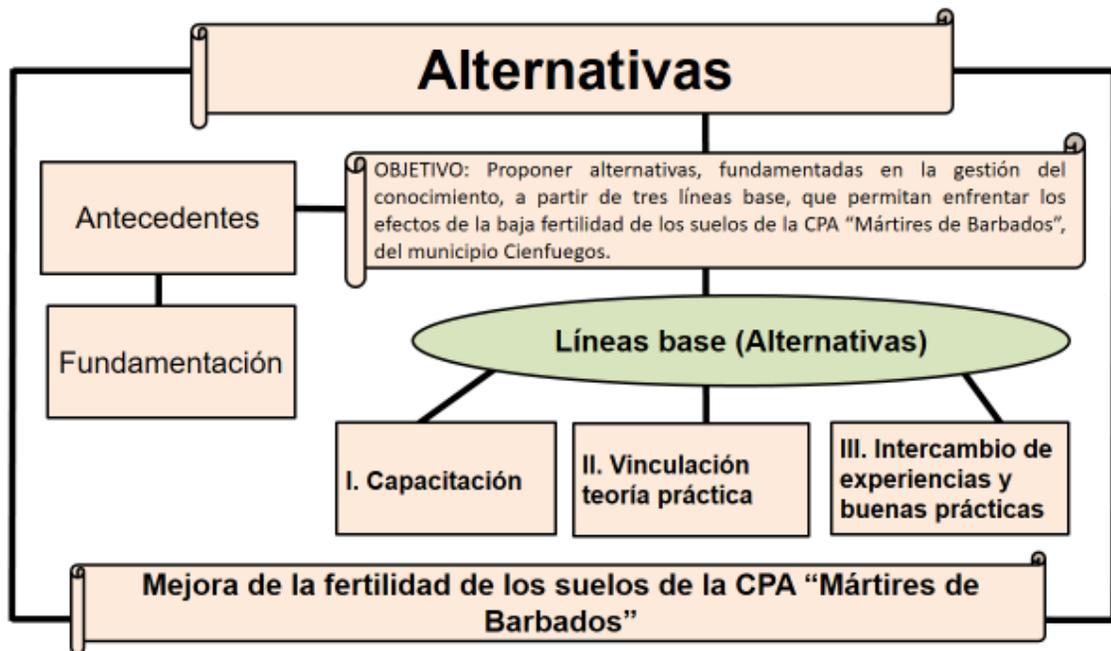


Figura 18. Representación gráfica de la Propuesta de alternativas para la mejora de la fertilidad de suelos de uso agrícola en la CPA “mártires de Barbados”

Fuente: elaboración propia

En el anexo 7 se presenta la propuesta elaborada como principal resultado del proceso de investigación.

La propuesta fue sometida a consideración de los expertos, para ello se siguió el método Criterio de expertos, que se presenta a continuación.

En el proceso de validación teórica, por el método criterio de expertos, se utilizó la técnica de Comparación por Pares Ramírez, L. A, (1999, pp. 13-14) y se realizó entre los meses mayo –junio del año 2020. Se tuvo en cuenta la opinión de veinte expertos; una vez que ratificaron su participación, se confirmó el coeficiente de competencia en dos direcciones: el grado de argumentación y el grado de conocimiento acerca de las alternativas de mejoras de fertilidad de suelos, con énfasis en la Cooperativa de Producción Agropecuaria “Mártires de Barbados” aprovechando recursos propios; realizándose una caracterización de los mismos (Anexo 8).

Para este proceso se aplicaron los instrumentos que elaboró la investigadora. El primer cuestionario (Anexo 9), incluyó la escala ordinal evaluativa Ramírez, L. A, (1999, p. 14). El procesamiento de la información permitió determinar la concordancia entre los expertos al

Capítulo 3. Resultados y discusión

opinar acerca de la Propuesta de alternativas. El coeficiente de concordancia es de muy adecuada, con 0,05 de significación, lo que se consideró sensiblemente alto para una primera ronda de búsqueda, según indica la tabla de los puntos de corte expuesta en el anexo referido. En la distribución de las frecuencias de las categorías, de acuerdo con la tabla de resultados del propio anexo, se observa un alto valor para la categoría muy adecuada, lo cual se evidencia en las representaciones gráficas.

El resultado del procesamiento de las valoraciones de los expertos, en el primer cuestionario confirmó que la mayor cantidad de frecuencias acumuladas, así como los puntos de corte, apuntan al indicador de muy adecuado en la Propuesta de alternativas (Anexo 10).

Entre las modificaciones sugeridas, refirieron la conveniencia de considerar el trabajo científico, a partir del vínculo de la Universidad y CPA, y en ello manifestaron lo necesario de estimular la presentación de resultados en los FORUM de base y en otros eventos, de modo que se socialicen los resultados y las buenas experiencias y prácticas.

Se realizó un segundo cuestionario -que se aplicó a los expertos- para la valoración de la Propuesta de alternativas (Anexo 11). El resultado del procesamiento de las valoraciones de los expertos, en el segundo cuestionario permitió concluir que la mayor cantidad de frecuencias acumuladas se encuentra en el indicador muy adecuado (Anexo 12).

El resultado por los puntos de cortes de la comparación por pares se comporta en el rango de muy adecuada con los indicadores uno, dos, cuatro, siete, ocho, nueve y diez.

Una vez procesados estos resultados, se tomaron los planteamientos emitidos por los expertos sobre la Propuesta de alternativas y de manera general, los expertos confirmaron su aceptación, pues se mantuvieron en el índice de muy adecuado y adecuado, no modificaron la concepción inicial, ni la estructura en general.

Llegado a este punto del informe se presenta los resultados de la validación de los expertos y se exponen a continuación.

El consenso de los expertos, respecto a la validación teórica de la propuesta de Alternativas en la mejora de fertilidad de suelos, en la Cooperativa de Producción Agropecuaria “Mártires de Barbados” aprovechando recursos propios, permitió comprobar sus posibilidades desde la valoración de la pertinencia, la factibilidad, la coherencia y la generalización, ya que todos los elementos obtuvieron una Cj superior al valor 75.

Capítulo 3. Resultados y discusión

Este proceso de validación permitió además perfeccionar y enriquecer la propuesta a partir de los criterios aportados por los expertos, de lo cual se derivan los siguientes resultados:

- La propuesta de alternativas, fundamentadas en la gestión del conocimiento, es acertada, pero deben considerarse también los procesos naturales a los que está sometido el sistema agrícola.
- Las vías para la implementación de las alternativas, deben considerar el vínculo teoría práctica.
- Existe una estrecha correspondencia entre las alternativas que se proponen y los problemas identificados para el comportamiento de la fertilidad de los suelos en la CPA.
- Se considera que las alternativas que se proponen tienen una adecuada factibilidad en su aplicación dada la necesidad de esta CPA de mejorar la fertilidad de los suelos como uno de los indicadores fundamentales para elevar la calidad de dichos suelos y lograr mejores rendimientos agrícolas.
- En el centro de atención de las alternativas se encuentra el recurso humano y la gestión del conocimiento para modificar patrones de actuación respecto a la fertilidad de los suelos y en ello, es esencial la reflexión y el compromiso.

Además, los expertos aportaron la idea de considerar requisitos que garantizan la implementación de las alternativas propuestas

1. Revisión sistemática por parte de la Junta Directiva del cumplimiento de las acciones ejecutadas.
2. Capacitación a los decisores y productores acerca del contenido de la propuesta.
3. Selección de un área de trabajo para el desarrollo de las acciones en una primera fase a modo experimental, cuyos resultados se generalicen al resto de las áreas una vez validados en la práctica por el personal que designe la Junta Directiva.
4. Realización de análisis periódicos de la información recopilada y hacer correcciones para la mejora continua de la propuesta.

Conclusiones

La caracterización de la CPA “Mártires de Barbados”, en sus aspectos generales, permitió identificar que existen factores limitantes para el uso agrícola de los suelos y deficiencias tanto en la composición, cantidad y nivel de conocimientos de la fuerza laboral, que constituyen barreras a resolver para la implementación de alternativas para la mejora de la fertilidad de sus suelos.

El diagnóstico realizado durante la investigación permitió identificar que la cooperativa cuenta con potencialidades de recursos propios, pero el nivel de desconocimiento existente en los decisores y productores ha limitado su aprovechamiento en la mejora de la fertilidad de los suelos, identificándose limitaciones para el trabajo agrícola, desde el punto de vista organizativo, pues los insumos no se asignan oportunamente, el sistema de pagos no satisfacen las necesidades de los trabajadores; y técnicamente el personal no tiene la calificación adecuada para la aplicación de las tecnologías agrícolas.

La determinación de las afectaciones que presenta la fertilidad del suelo en la CPA “Mártires de Barbados” posibilitó considerar el resultado final de la investigación y en ello se reconoció la presencia de recursos propios, en este caso las CBS, siendo evidente la no existencia de un área para el desarrollo de la lombricultura, la producción de humus, compost, o la aplicación de otros biofertilizantes de los que se producen a nivel territorial.

Los resultados muestran que la cobertura del suelo tiene deficiencias, lo cual se corroboró por las condiciones y características que presenta el color, la estructura del suelo, la distribución en tamaño de los agregados, su textura, la cuantificación de la población de lombrices y la presencia de abundantes caracoles, la cuantificación de raíces, y la medición del pH del suelo, determinándose como síntomas que indican el déficit de nutrientes en el suelo y en las plantas observadas, las hojas de las plantas con estrés, calientes, o marchitas y ásperas al tacto, el cultivo no se muestra uniforme, y el color y distribución del color es variado, el suelo grueso, que indica es arenoso, inundados, de olor a agrio y en algunos cultivos hay presencia de carbón, el agua de riego con gusto a sal.

Se elaboró a partir de los problemas identificados una propuesta de alternativas, con seis elementos fundamentales, los cuales fueron validados de forma teórica por los

expertos, quienes los enriquecieron con sus criterios y aportaron un grupo de requisitos para su implementación.

Recomendaciones

- Discutir los resultados de la investigación en una sesión de trabajo de la Junta Directiva de la CPA.
- Coordinar con los productores la participación de la Universidad en el proceso de implementación de la propuesta de alternativas y su validación práctica.
- Lograr que se cumplan los requisitos planteados por los expertos durante el proceso de implementación.

Referencias bibliográficas

- Altieri, M. A. (2002). Agroecology: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93(1).
- Álvarez, C. R., & Gutiérrez, F. (2016). Fósforo. En *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos* (pp. 86-93). Universidad de Buenos Aires. Recuperado a partir de https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf
- Álvarez, C. R., & Rimski-Korsakov, H. (2016). Producción orgánica en Argentina. Legislación y principios del manejo de la fertilidad de suelos en producciones orgánicas. En *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos* (pp. 5-14). Universidad de Buenos Aires. Recuperado a partir de https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf
- Álvarez, C., & Rimski-Korsakov, H. (2016). Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos. 1ra Edición. Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.
- Argüelles, D. C., Díaz, A. M., Sánchez, Z. M., De los Santos, S., & Méndez, L. (2017). *Protocolo para identificar costras biológicas costeras y su función en el ciclo del carbono*. Simposio presentado en VIII Simposio Internacional del Carbono en México.
- Bamforth, S. S. (2004). Water film fauna of microbiotic crust of a warm desert. *Journal of Arid Environments*, 56, 413-423.
- Barraco, M., & Diaz-zorita, M. (2014). *Suelos y manejo en la producción de soja de la Pampa Arenosa*. Presentado en XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Bahía Blanca.
- Bermejo, R. (2014). *Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis*. Bilbao: HEGOA.
- Blacutt, M. (2013). *El desarrollo local complementario*. Andalucía: Fundación Universitaria Andaluza.
- Bloesch, J., et al. (2015). Sustainable Development Integrated in the Concept of Resilience. *Problems of sustainable development*, 10(1), 7-14.

- Boisier, S. (2007). América Latina en un medio siglo (1950/2000): el desarrollo, ¿dónde estuvo? *Observatorio iberoamericano del Desarrollo local y la economía social*, 1(1). Recuperado a partir de <http://www.eumed.net/rev/oidles/01/Boisier-01.pdf>
- Bowker, M. (2007). Biological soil crust rehabilitation in theory and practice: An underexploited opportunity. *Restoration Ecology*, 15(1), 13-23.
- Bowker, M. A, Maestre, F. T, & Escolar, C. (2010). Biological crusts as a model system for examining the biodiversity-ecosystem function relationship in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 405-417.
- Büdel, B. T, Darienko, K, Deutschewitz, S, Dojani, T, Friedl, K. I, Mohr, M, ... Weber. (2009). Southern African biological soil crusts are ubiquitous and highly diverse in drylands, being restricted by rainfall frequency. *Soil Microbiol*, 57(229-247).
- Cabrera, E, Otero, A, Gálvez V, Márquez, E, & Morejón, Y. (2007). Introducción de tecnologías sostenibles de manejo y uso de suelo, agua y sanidad vegetal, en la cooperativa Rigoberto Fuentes de San Juan y Martínez en la provincia de Pinar del Río. *Revista Avances*, 9(3).
- Caffaro, M. M. (2016). Productos biológicos. En *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos* (pp. 139-154). Universidad de Buenos Aires. Recuperado a partir de https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf
- Carnelos Da, C. I, Michel, S. I, Portela, E. G, Jobbagy, R. B, Jackson, C. M, Di Bella, D, ... Piñeiro. (2014). *Variación espacial y temporal de las deposiciones atmosféricas en Argentina y Uruguay*. Presentado en Reunión Binacional Uruguay-Argentina de Agrometeorología y XV Reunión Argentina de Agrometeorología, Montevideo, Uruguay.
- Castillo-Monroy, A. P, & Maestre, F. T. (2011a). Biological soil crusts: Recent advances in our knowledge of their structure and ecological function. *Revista chilena de historia natural*, 84(1), 1-21.
- Castillo-Monroy, A. P, & Maestre, F. T. (2011b). La costra biológica del suelo: Avances recientes en el conocimiento de su estructura y función ecológica. *Revista chilena de historia natural*, 84(1), 1-21. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078>

- Chamizo, S. E, Rodríguez-Caballero, I, Millares-Mellado, A, Afana, R, Lázaro, F, Domingo, A, ... Cantón. (2010). Características de las costras físicas y biológicas del suelo con mayor influencia sobre la infiltración y la erosión en ecosistemas semiáridos. *Pirineos*, 165, 69–96.
- Correa, M. (2008). Microorganismos eficaces.
- Cortina, J, Martín, N, Maestre, F. T, & Bautista, S. (2010). Disturbance of the biological soil crusts and performance of *Stipa tenacissima* in a semi-arid Mediterranean steppe. *Plant and Soil*, 334, 311-322.
- Daly, M. J, & Stewart, D. P. C. (1999). Influence of effective microorganisms (EM) on vegetable production and carbon mineralization- A preliminary investigation. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14(15).
- Delgado-Baquerizo, M, Castillo-Monroy, A. P, Maestre, F. T, & Gallardo, A. (2010). Plants and biological soil crusts modulate the dominance of N forms in a semi-arid grassland. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 376-378.
- Díaz, G. S, Ruiz, M, & Cabrera, J. A. (2009). Modificaciones a las propiedades físicas del suelo por la acción de diferentes prácticas productivas para cultivar arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 30(3), 40-46.
- Du, Z. H, Li, & Gu, A. (2007). state of the art review on microbial fuel cells: A promising technology for wastewater treatment and bioenergy. *Biotechnology Advances*, 25(5), 464-482.
- Escobar-Pérez, J, & Cuervo-Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6, 27–36.
- Fernández, L. (2015). *Licuefacción de los suelos generada por sismos de gran magnitud. Caso de estudio Caimanera y Santiago de Cuba* (Tesis de grado). Digital Universitaria, Moa, Cuba.
- Fernández, L. A, Zalba, P, Gómez, N. A, & Sagardoy, M. A. (2005). Bacterias Solubilizadoras de Fosfato Inorgánico aisladas de Suelos de la Región Sojera. *Ciencia del suelo*, 23(1). Recuperado a partir de <http://www.scielo.org.ar/scielo>.

- Fernández, P. L., & Álvarez, C. R. (2016). Manejo de los nutrientes en planteos de producción orgánica. En *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos* (pp. 155-166). Universidad de Buenos Aires. Recuperado a partir de https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf
- Gómez, L. (2018). Suelos en Cuba, cuestión de hoy para el mañana. *Periódico Granma*, p. 8.
- Gutiérrez-Castorena, M, Torres-Guerrero, C. A, Ortiz-Solorio, C. A, & Gutiérrez-Castorena, E. V. (2016). Manejo agronómico de los Vertisoles en México: una revisión Agricultural management of Vertisols in Mexico. *Terra Latinoamericana*, 34, 457-466.
- Hawkes, C. V. (2003). Microorganismos del suelo, plantas en peligro de extinción y la conservación del Matorral de Flor-ida. Ecosistemas.
- Hernández, A, Pérez, J. M, Bosch, D, & Castro, N. (2015). *Clasificación de los Suelos de Cuba*. Cuba: INCA. Recuperado a partir de http://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/clasificacionsueloscuba_%202015.pdf
- Hernández, C, León, G, & Peña, F. (2002). *Erosión hídrica en la región Escambray. Efecto de establecimiento de medidas para su control*. Presentado en VII Seminario Científico – Técnico en saludo al XXX Aniversario de la Estación Experimental de suelos, Cienfuegos, Cuba.
- Hernández, E, Bernal, C, Carrazana, Y, Ojeda-Quintana, L. J, & Vega, M. (2018). Prácticas de conservación de suelos en la Finca Eliecer del municipio Cumanayagua. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(2), 112-120.
- Hernández, R, & Araujo, D. (2016). Cianobacterias: Una alternativa para aumentar la competitividad agrícola y seguridad alimentaria de la guajira colombiana. *Revista Interdisciplinaria de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías*, 3(2). Recuperado a partir de <http://revistas.uniguajira.edu.co/rev/index.php/cei/article/download/55/50/>

- Hernández-González, D. E, & Muñoz-Iniestra, D. J. (2018). Impacto del uso de la tierra en la calidad del suelo en una zona semiárida del valle del mezquital, Hidalgo, México. *Biología, Ciencia y Tecnología*, 11(43), 792-803.
- Karlen, D.L. et al. (1997). Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of America J*, 61(4).
- Machado D. M, Gervasio, M. E, Fernádes, A, Ribeiro, C. E. G, & Menezes. (2015). Fauna edáfica na dinâmica sucessional da Mata Atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do Río Paraíba do Sul-RJ. *Ciência Florestal*, 25(1), 91-106.
- Machado-Guevara, A. O, Rajadel-Acosta, O. N, & Ponce Rancel, L. (2015). Manejo Sostenible de Tierras: evaluación de los procesos degradativos de la Unidad Básica de Producción Cooperativa La Josefa. *Revista Científica Agroecosistemas*, 3(2). Recuperado a partir de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/1>
- Maestre, F. (2003). Variaciones en el patrón espacial a pequeña escala de los componentes de la costra biológica en un ecosistema mediterráneo semiárido. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76(1), 35-48.
- Maestre, F. T, Bowker, M. A, Cantón, Y, Castillo-Monroy, A. P, Cortina, J, Escolar, C, ... Martínez, I. (2011). Ecology and functional roles of biological soil crusts in semi-arid ecosystems of Spain. *Journal of Arid Environments*, 75, 1282-1291.
- Maestre, F. T, Escolar, C, Martínez, I, & Escudero, A. (2008). Are soil lichen communities structured by biotic interactions? A null model analysis. *Journal of Vegetation Science*, 19, 261-263.
- Maura Santiago, A. V, & Febles González, J. M. (2018). Una aproximación a los costos ambientales en los suelos ferralíticos rojos para el logro de la sostenibilidad. *Cofin Habana*, 12(1). Recuperado a partir de <http://scielo.sld.cu/scielo>.

- Mendoza-Aguilar, D O, Cortina, J, & Pando-Moreno, M. (2014). Biological soil crust influence on germination and rooting of two key species in a *Stipa tenacissima* steppe. *Plant and Soil*, 375(1-2), 267–274.
- Mendoza-Aguilar, D. O, Cortina, J, & Pando-Moreno, M. (s. f.). Biological soil crust influence on germination and rooting of two key species in a *Stipa tenacissima* steppe. *Plant Soil*, 375, 267–274.
- Milledge, J. J. (2011). Commercial application of microalgae other than as biofuels: a brief review. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol*, 10, 31-41.
- Mohammadi, K, & Sohrabi, Y. (2012). Bacterial Biofertilizers for Sustainable Crop Production. *ARPVN Journal of Agricultural and Biological Science*, 7(5), 307–316.
- Mojica, H. (2017). *Modelo y procedimiento para la gestión estratégica integrada de los recursos naturales en territorios áridos con orientación agroproductiva* (Tesis doctoral). Universidad Central “Marta Abreu de Las Villas”, Santa Clara, Cuba.
- Mojica-Zárate, H. T, & Bolaño-Rodríguez, Y. (2019). Valoración estratégica integrada del uso sostenible del suelo en Sonora. *Universidad y Sociedad*, 11(4), 20-28.
- Navarro, G, & Navarro, S. (2014). *Fertilizantes: química y acción*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Núñez, F. (2014). Efectos de la costra microbiótica en algunas propiedades del suelo en el sur de la quebrada los Barrancos, Valle de Quíbor, Venezuela. *Investigaciones Geográficas*, 84, 5-19.
- Ojeda- Quintana, L, Oropesa, A. D, Castañeda, I, Eupierre, H, & Chirino, V. (2007). Geomorfología, propiedades físicas y principales componentes de la fertilidad del suelo en un bosque semideciduomesófilo natural y en zonas de colecciones de plantas del Jardín Botánico de Cienfuegos. *Centro Agrícola*, 34(3), 21-27.
- Ordaz, A, Cabrera, E, & Del Castillo, I. (2014). Tecnologías de manejo sostenible de suelos introducidas en el polígono. *Avances*, 391-401.

- Quiñones-Vera, J. J, Castellanos-Pérez, E, Valencia-Castro, C. M, Martínez-Ríos, J. J, Sánchez-Olvera, T, & Montes-González, C. A. (2009). Efecto de la costra biológica sobre la infiltración de agua en un pastizal. *Terra Latinoamericana*, 27(1). Recuperado a partir de <https://www.redalyc.org/articulo.oa>
- Rajadel, N. (2011). Proyecto: Indicadores para el manejo Sostenible de Tierras en diferentes formas organizativas de producción y de uso de suelos en la provincia de Cienfuegos. Universidad de Cienfuegos "Carlos R. Rodríguez".
- Ramírez, L. A. (1999). *Algunas consideraciones acerca del método de evaluación utilizando el criterio de expertos*. Conferencia, Santafé de Bogota, Colombia.
- Rivera, V, Manuell, I. Y, & Godínez, H. (2004). Las costras biológicas del suelo y las zonas áridas. *Ciencias*.
- Rubio, G, & Taboada, M. A. (2015). Evaluación de la capacidad productiva de los suelos. En *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos* (pp. 45-58).
- SAGPYA. (2010). Ingreso.
- Sainz-Rozas, H, Echeverria, H. E, & Angelini, H. P. (2011). Niveles de carbono orgánico y pH en suelos agrícolas de las regiones pampeana y extrapampeana argentina. *Ciencia del suelo*, 29(1), 29-37.
- Sánchez, S, Hernández, M, & Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*, 34(4). Recuperado a partir de <http://scielo.sld.cu/scielo>.
- Shepherd, T. G. (2000). Evaluación visual del suelo. Cultivos anuales. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Singh, P, Kumari, S, Guldhe, A, Misra, R, Rawat, I, & Bux, F. (2016). Trends And Novel Strategies For Enhancing Lipid Accumulation And Quality In Microalgae. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 55, 1-16.
- Singh, R. (2011). Facts, Growth, and Opportunities in Industrial Biotechnology. *Organic Process Research & Development*, 15, 175-179.

Taboada, M. A, & Álvarez. (2008). Introducción a la fertilidad física. En *Fertilidad física de los suelos*.

Facultad de Agronomía.

Taboada, M. A, & Álvarez, C. R. (2008). *Fertilidad física de los suelos* (2.ª ed.). Argentina: Universidad de

Buenos Aires.

Toledo, V, & Florentino, A. (2009). Las costras microbióticas del Suelo. *Revista de Investigación*

(Venezuela), 33, 199-216.

Toledo, V, & Navarro de Urbina, C. (2008). Estudio preliminar de la influencia de la costra microbiótica

en los suelos de Quibor, estado Lara, Venezuela, mediante microanálisis de rayos X (EDS). *Acta*

Microscópica, 17(1), 77-84.

Torres, D, Florentino, A, Ospina, A, Marco, L, Rodriguez, N, & Yendis, H. (2015). Concentración de

clorofila y disponibilidad de nutrientes en suelos con presencia de costra biológica de suelo

(CBS). *Suelos Ecuatoriales*, 44(2), 90-95.

Urquiza, N, Alemán, C, Flores, L, Marta, P, & Aguilar, Y. (2011). *Manual de procedimientos para manejo*

sostenible de tierras. Cuba: CIGEA.

Vaishampayan, A, Sinha, R. P, & Hader, D. P. (2001). Cyanobacterial biofertilizers in rice agriculture.

Botanical rev, 67(453-516).

Venkataraman, N. (1993). The concept of fit in strategy research: Toward verbal and statistical

correspondence. *Academy of Management Review*.

Williams, P. J, & Laurens, L. M. L. (2010). Microalgae as biodiesel & biomassfeedstocks. *Review & analysis*

of the biochemistry, energetics & economics, 3(554).

Anexos

Anexo1. Test de conocimiento para evaluar las competencias y seleccionar los informantes clave.

Nombres y Apellidos del evaluado: _____

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

Estimado (a) compañero (a):

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

Escala evaluativa

Calificación	Descripción
(1) Alto conocimiento	Desconocimiento total de lo que se trata
(2) Conocimiento medio	Conoce al menos los elementos básicos del tema
(3) Ningún conocimiento	Buen nivel de conocimiento, evaluación y aplicación del tema

Cuestionario

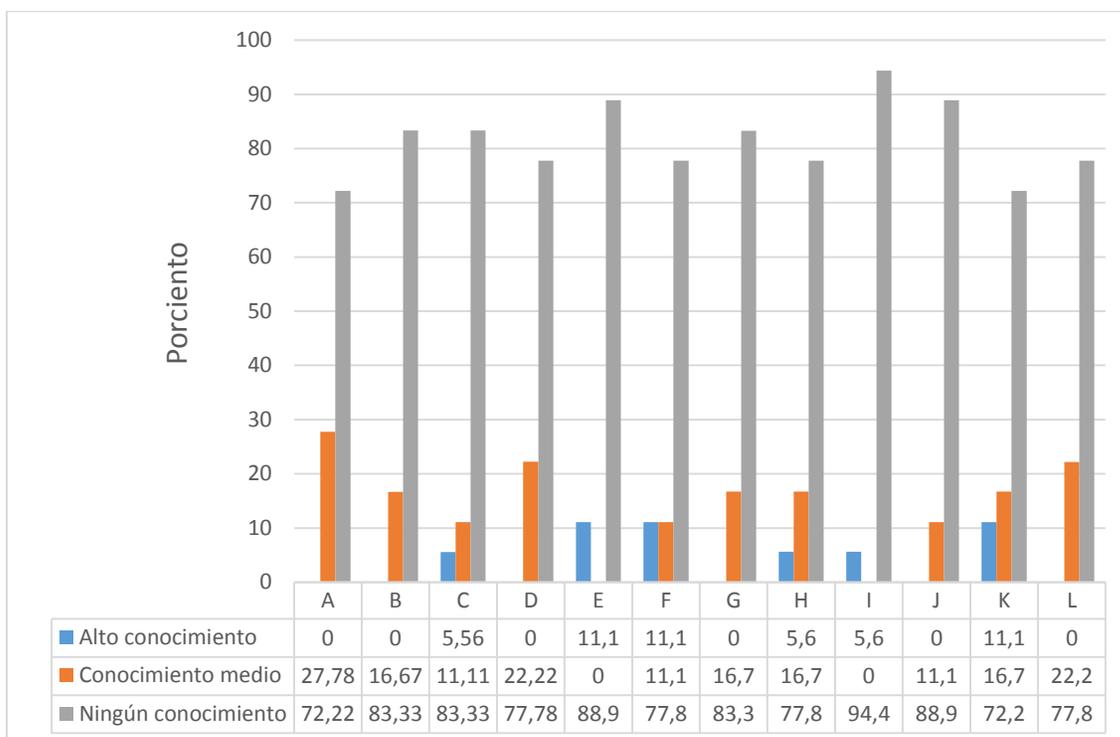
No	Temas a evaluar	1	2	3
1	¿Cómo calificaría usted su conocimiento sobre qué entiende por fertilidad del suelo?			
2	¿Cómo evaluará el efecto de la aplicación de fertilidad del suelo sobre el desarrollo de los cultivos?			
3	¿Cómo evaluará el efecto de la aplicación de la fertilidad del suelo sobre el suelo?			
4	¿Cómo considera su conocimiento acerca de la diferenciación de desastres naturales y desastres antrópicos, respecto a la fertilidad del suelo?			
5	¿Conoce cuáles son los efectos de la fertilidad del suelo que pueden ser afectados ante la ocurrencia de desastres naturales?			
6	¿Conoce usted que es la fertilidad del suelo y cuáles son los procesos con más incidencia en la CPA?			

	objeto de estudio?			
7	¿Conoce cuáles son las causas principales de la infertilidad del suelo?			
8	¿Conoce usted la importancia que tienen para los productores dominar términos fertilidad del suelo y recursos propios del mismo?			
9	¿Conoce cuáles son las medidas con mayores posibilidades de uso para combatir la infertilidad del suelo?			
10	¿Cómo califica su nivel de conocimientos acerca de cuáles son las principales limitaciones que deben ser superadas, asociadas a la fertilidad del suelo?			
11	¿Cómo califica su nivel de conocimientos acerca de cómo identificar la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la fertilidad del suelo?			
12	¿Cómo califica su nivel de conocimientos acerca de los beneficios que puede tener para la CPA contar con alternativas para mejorar el nivel de conocimiento en la fertilidad del suelo?			

Procesamiento del test de conocimiento

Temas	E1	E1	E2	E3	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E11	E12	E13	E15	E16	E17	E18
1	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3
1	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2
2	3	3	3	2	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2
5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	1
6	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	1	3	3	3	3	3	3	1
7	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3
8	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	1	3	3	2	3	2	3	3
9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3
10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2
11	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	1	3	3	3	3	2	3	1
12	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2

Tablas de frecuencia



- A ¿Cómo calificaría usted su conocimiento sobre qué entiende por fertilidad del suelo?
- B ¿Cómo evaluará el efecto de la aplicación de fertilidad del suelo sobre el desarrollo de los cultivos?
- C ¿Cómo evaluará el efecto de la aplicación de la fertilidad del suelo sobre el suelo?
- D ¿Cómo considera su conocimiento acerca de la diferenciación de desastres naturales y desastres antrópicos, respecto a la fertilidad del suelo?
- E ¿Conoce cuáles son los efectos de la fertilidad del suelo que pueden ser afectados ante la ocurrencia de desastres naturales?
- F ¿Conoce usted que es la fertilidad del suelo y cuáles son los procesos con más incidencia en la CPA objeto de estudio?
- G ¿Conoce cuáles son las causas principales de la infertilidad del suelo?
- H ¿Conoce usted la importancia que tienen para los productores dominar términos fertilidad del suelo y recursos propios del mismo?
- I ¿Conoce cuáles son las medidas con mayores posibilidades de uso para combatir la infertilidad del suelo?
- J ¿Cómo califica su nivel de conocimientos acerca de cuáles son las principales limitaciones que deben ser superadas, asociadas a la fertilidad del suelo?
- K ¿Cómo califica su nivel de conocimientos acerca de cómo identificar la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la fertilidad del suelo?
- L ¿Cómo califica su nivel de conocimientos acerca de los beneficios que puede tener para la CPA contar con alternativas para mejorar el nivel de conocimiento en la fertilidad del suelo?

¿Cómo calificaría usted su conocimiento sobre qué entiende por fertilidad del suelo?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Conocimiento medio	5	27.8	27.8	27.8
Ningún conocimiento	13	72.2	72.2	100.0
Total	18	100.0	100.0	

¿Cómo evaluará el efecto de la aplicación de fertilidad del suelo sobre el desarrollo de los cultivos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Conocimiento medio	3	16.7	16.7	16.7
	Ningún conocimiento	15	83.3	83.3	100.0
	Total	18	100.0	100.0	

¿Cómo evaluará el efecto de la aplicación de la fertilidad del suelo sobre el suelo?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto conocimiento	1	5.6	5.6	5.6
	Conocimiento medio	2	11.1	11.1	16.7
	Ningún conocimiento	15	83.3	83.3	100.0
	Total	18	100.0	100.0	

¿Cómo considera su conocimiento acerca de la diferenciación de desastres naturales y desastres antrópicos, respecto a la fertilidad del suelo?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Conocimiento medio	4	22.2	22.2	22.2
	Ningún conocimiento	14	77.8	77.8	100.0
	Total	18	100.0	100.0	

¿Conoce cuáles son los efectos de la fertilidad del suelo que pueden ser afectados ante la ocurrencia de desastres naturales?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto conocimiento	2	11.1	11.1	11.1
	Ningún conocimiento	16	88.9	88.9	100.0
	Total	18	100.0	100.0	

¿Conoce usted que es la fertilidad del suelo y cuáles son los procesos con más incidencia en la CPA objeto de estudio?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto conocimiento	2	11.1	11.1	11.1
	Conocimiento medio	2	11.1	11.1	22.2
	Ningún conocimiento	14	77.8	77.8	100.0
	Total	18	100.0	100.0	

¿Conoce cuáles son las causas principales de la infertilidad del suelo?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Conocimiento medio	3	16.7	16.7	16.7
	Ningún conocimiento	15	83.3	83.3	100.0
	Total	18	100.0	100.0	

¿Conoce usted la importancia que tienen para los productores dominar términos fertilidad del suelo y recursos propios del mismo?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto conocimiento	1	5.6	5.6	5.6
	Conocimiento medio	3	16.7	16.7	22.2
	Ningún conocimiento	14	77.8	77.8	100.0
	Total	18	100.0	100.0	

¿Conoce cuáles son las medidas con mayores posibilidades de uso para combatir la infertilidad del suelo?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto conocimiento	1	5.6	5.6	5.6
	Ningún conocimiento	17	94.4	94.4	100.0
	Total	18	100.0	100.0	

¿Cómo califica su nivel de conocimientos acerca de cuáles son las principales limitaciones que deben ser superadas, asociadas a la fertilidad del suelo?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Conocimiento medio	2	11.1	11.1	11.1
	Ningún conocimiento	16	88.9	88.9	100.0
	Total	18	100.0	100.0	

¿Cómo califica su nivel de conocimientos acerca de cómo identificar la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la fertilidad del suelo?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto conocimiento	2	11.1	11.1	11.1
	Conocimiento medio	3	16.7	16.7	27.8
	Ningún conocimiento	13	72.2	72.2	100.0
	Total	18	100.0	100.0	

¿Cómo califica su nivel de conocimientos acerca de los beneficios que puede tener para la CPA contar con alternativas para mejorar el nivel de conocimiento en la fertilidad del suelo?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Conocimiento medio	4	22.2	22.2	22.2
Ningún conocimiento	14	77.8	77.8	100.0
Total	18	100.0	100.0	

Anexo2. Guía para la revisión de los documentos

Objetivo: Recopilar información acerca de la conservación, mejoramiento y manejo sostenible de los suelos en la CPA “Mártires de Barbados”; enfatizando en los aspectos que identifican a esta entidad desde diferentes aspectos sociales y productivos.

Principales documentos analizados

- Lineamientos del Partido Comunista de Cuba (PCC) para el periodo 2016-2021, aprobados en el 7mo. Congreso del Partido y por la Asamblea Nacional del Poder Popular (ANPP). Apartado VII. Política Agroindustrial. Lineamientos del 147 al 176.
- Documento que norma la Función Estatal No 4: Gestionar la conservación, mejoramiento y manejo sostenible de los suelos y uso de los fertilizantes.
- Ministro de Trabajo y Seguridad Social. Resolución No. 29/06: Reglamento para la planificación, organización, ejecución y control del trabajo de la capacitación y desarrollo de los recursos humanos, en las entidades laborales. Capítulo IV: Control de los recursos humanos de la entidad; Capítulo V: Diagnóstico o determinación de las necesidades de capacitación.
- Ministerio de la Agricultura. Cuba. Manual de Cooperativas. Fecha: 15 de agosto de 2017.
- Documentos que constan en los archivos de la CPA “Mártires de Barbados”.

Aspectos revisar en el análisis de los documentos.

1. Vinculación del contenido de los documentos con los aspectos que caracterizan a la CPA “Mártires de Barbados”.
2. Establecimiento y proyección de las políticas que indican la atención a la fertilidad de los suelos y su estado de cumplimiento en la CPA “Mártires de Barbados”.
3. Necesidades que emergen en la atención a la fertilidad de los suelos y su estado de cumplimiento en la CPA “Mártires de Barbados”.
4. Vías que constituyen antecedentes en la atención a la fertilidad de los suelos y su estado de cumplimiento en la CPA “Mártires de Barbados”.

Anexo3. Encuesta aplicada a decisores y productores(informantes internos) de la CPA.

Complete los siguientes datos: edad____, sexo____, nivel escolar vencido____, experiencia como productor (años) ____, producción a la cual se dedica____, labor que realiza_____.

Objetivo: analizar el nivel de conocimiento existente en los productores de la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) Mártires de Barbados, ubicada en el Consejo Popular Rancho Luna, perteneciente al municipio de Cienfuegos, en relación a la fertilidad de los suelos.

En la CPA “Mártires de Barbados”, se está desarrollando una investigación acerca del comportamiento de la fertilidad de los suelos de uso agrícola y su posible incidencia en los rendimientos agrícolas de los cultivos establecidos, por lo que se requiere contar con su participación en el análisis de algunos aspectos que pudieran corroborar los resultados científicos abordados en diferentes estudios tanto en Cuba como en otros países acerca del comportamiento y manejo de la fertilidad de suelos.

Por tal motivo recabamos de usted la posibilidad de dar respuesta al cuestionario que aparece a continuación, para lo cual deberá utilizar la escala evaluativa que se presenta:

Escala evaluativa

Rangos de calificación	Bueno (1)	Regular (2)	Mal (3)
Significado	Ha participado en diferentes formas de capacitación, elevando su nivel técnico y de conocimientos, de modo particular en los temas relacionados con la fertilidad de suelos y su manejo	Conoce poco del tema de la fertilidad, sólo ha recibido información a través de charlas e intercambio entre productores	No conoce del tema de la fertilización, su preparación ha sido poca

Responda

1. ¿Cómo considera que es el comportamiento en la interacción de la CPA con las instituciones que se relacionan con ella desde el punto de vista de su asesoramiento técnico o de gestión del conocimiento en temas particulares como la fertilidad de suelos y su manejo, causas que provocan su déficit, entre otros?

Bueno___ Regular___ Mal___

2. ¿Cómo considera los conocimientos acerca de la fertilización de los suelos de uso agrícola?

Bueno___ Regular___ Mal___

3. ¿Cómo considera que se manifiestan los conocimientos acerca de la calificación e implicación de la diversificación de la producción en la pérdida de la fertilidad del suelo?

Bueno___ Regular___ Mal___

4. ¿Cómo considera que se manifiestan los conocimientos acerca del manejo del agroecosistema en la pérdida de la fertilidad del suelo?

Bueno___ Regular___ Mal___

5. ¿Cómo considera que sean los conocimientos acerca de la aplicación de acciones de innovación científica como prácticas de manejo agrícola de los cultivos y/o recursos naturales (suelo y agua) en los agroecosistemas para la mejora de la fertilidad?

Bueno___ Regular___ Mal___

6. ¿Cómo considera que es el comportamiento de las experiencias acerca del manejo de la fertilidad del suelo y su influencia en los rendimientos agrícolas de los cultivos?

Bueno___ Regular___ Mal___

7. ¿Cómo considera sus conocimientos en la identificación y uso de los recursos propios existentes en la CPA, que pueden ser aprovechables, en la mejora de la fertilidad de sus suelos?

Bueno___ Regular___ Mal___

8. ¿Cómo considera sus conocimientos para la aplicación de residuos de cosecha como una vía factible en la mejora de la fertilidad del suelo, al utilizarlos como abono verde?

Bueno___ Regular___ Mal___

9. ¿Cómo considera sus conocimientos acerca del uso de la lombricultura y el compost?

Bueno___ Regular___ Mal___

10. ¿Cómo considera sus conocimientos sobre las costras biológicas, que pueden constituirse como un recurso propio o alternativa en la mejora de la fertilidad del suelo?

Bueno___ Regular___ Mal___

11. ¿Cómo considera que se manifiesta la proyección de la capacitación hacia el uso y manejo del suelo en función de conservar su fertilidad?

Bueno___ Regular___ Mal___

12. ¿Cómo considera las actividades que se realizan en la CPA para la explotación agrícola actual y la conservación de los suelos?

Bueno___ Regular___ Mal___

Anexo4. Entrevista a dos decisores de la Delegación de la Agricultura y uno de la Asociación de Agricultores Pequeños (ANAP) del municipio Cienfuegos, y a 12 productores de la CPA.

Objetivo: Comprobar las fuentes de información y la confiabilidad de los resultados obtenidos en la encuesta sobre el nivel de conocimiento en relación a la fertilidad de los suelos en la CPA y su manejo.

Estimados decisores y productores:

Usted se ha seleccionado como colaborador/a para el desarrollo de un trabajo de diploma para optar por el título de ingeniero agrónomo, de la carrera de Agronomía, por lo que pedimos de usted el máximo de seriedad en las respuestas al cuestionario que se presenta a continuación. Para emitir su criterio deberá calificar su respuesta según los valores que se presentan en la escala siguiente:

Responda

1. Determine el nivel de conocimientos que tiene sobre la fertilidad que muestran los suelos de uso agrícola de la CPA “Mártires de Barbados”.

(1) Muy alto	
(2) Alto	
(3) Medio	
(4) Bajo	
(5) Nulo	

2. Determine el nivel de conocimientos que tiene sobre la presencia de recursos propios de los suelos de uso agrícola, de la CPA “Mártires de Barbados”, que pueden ser aprovechables, en la mejora de la fertilidad de los suelos.

(1) Muy alto	
(2) Alto	
(3) Medio	
(4) Bajo	
(5) Nulo	

3. Determine el nivel de conocimientos que tiene sobre el uso que usted realiza de los recursos propios de los suelos de uso agrícola, en la CPA “Mártires de Barbados”.

(1) Muy alto	
(2) Alto	
(3) Medio	
(4) Bajo	
(5) Nulo	

4. Determine el nivel de conocimientos que tiene sobre los recursos para mejorar la fertilidad de suelos, de uso agrícola de la CPA “Mártires de Barbados”, considerando el aprovechamiento de recursos propios.

(1) Muy alto	
(2) Alto	
(3) Medio	
(4) Bajo	
(5) Nulo	

5. Determine el nivel de conocimientos para la aplicación de residuos de cosecha como una vía factible en la mejora de la fertilidad del suelo, al utilizarlos como abono verde.

(1) Muy alto	
(2) Alto	
(3) Medio	
(4) Bajo	
(5) Nulo	

6. Determine el nivel de conocimientos acerca del uso de la lombricultura y el compost.

(1) Muy alto	
(2) Alto	
(3) Medio	
(4) Bajo	
(5) Nulo	

7. Determine el nivel de conocimientos que tiene sobre las bondades de las costras biológicas para la mejora de la fertilidad de suelos de uso agrícola de la CPA “Mártires de Barbados”, considerando que es un recurso propio del suelo.

(1) Muy alto	
(2) Alto	
(3) Medio	
(4) Bajo	
(5) Nulo	



Anexo5. Resultados de los datos procesados a partir de la encuesta aplicada a decisores y productores de la CPA.

Tablas de frecuencia

Comportamiento en la interacción de la CPA con las instituciones que se relacionan con ella desde el punto de vista de su asesoramiento técnico o de gestión del conocimiento en temas particulares como la fertilidad de suelos y su manejo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bueno	3	20.0	20.0	20.0
	Regular	6	40.0	40.0	60.0
	Mal	6	40.0	40.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Conocimientos acerca de la fertilización de los suelos de uso agrícola de la CPA "Mártires de Barbados"

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bueno	2	13.3	13.3	13.3
	Regular	7	46.7	46.7	60.0
	Mal	6	40.0	40.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Manifestación de los conocimientos acerca de la calificación e implicación de la diversificación de la producción en la pérdida de la fertilidad del suelo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bueno	1	6.7	6.7	6.7
	Regular	5	33.3	33.3	40.0
	Mal	9	60.0	60.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Manifestación de los conocimientos acerca del manejo del agroecosistema en la pérdida de la fertilidad del suelo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bueno	1	6.7	6.7	6.7
	Regular	4	26.7	26.7	33.3
	Mal	10	66.7	66.7	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Conocimientos acerca de la aplicación de acciones de innovación científica como prácticas de manejo agrícola de los cultivos y/o recursos naturales (suelo y agua) en los agroecosistemas

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bueno	1	6.7	6.7	6.7
	Regular	7	46.7	46.7	53.3
	Mal	7	46.7	46.7	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Comportamiento de las experiencias acerca del manejo de la fertilidad del suelo y su influencia en los rendimientos agrícolas de los cultivos

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bueno	3	20.0	20.0	20.0
	Regular	6	40.0	40.0	60.0
	Mal	6	40.0	40.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Conocimientos en la identificación y uso de los recursos propios existentes en la CPA, que pueden ser aprovechables, en la mejora de la fertilidad de sus suelos

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bueno	3	20.0	20.0	20.0
	Regular	6	40.0	40.0	60.0
	Mal	6	40.0	40.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Conocimientos para la aplicación de residuos de cosecha como una vía factible en la mejora de la fertilidad del suelo, al utilizarlos como abono verde

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bueno	3	20.0	20.0	20.0
	Regular	6	40.0	40.0	60.0
	Mal	6	40.0	40.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Conocimientos acerca del uso de la lombricultura y el compost

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Regular	11	73.3	73.3	73.3
	Mal	4	26.7	26.7	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Conocimientos sobre las costras biológicas, que pueden constituirse como un recurso propio o alternativa en la mejora de la fertilidad del suelo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Regular	3	20.0	20.0	20.0
	Mal	12	80.0	80.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Manifestación de la proyección de la capacitación hacia el uso y manejo del suelo en función de conservar su fertilidad

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Regular	6	40.0	40.0	40.0
	Mal	9	60.0	60.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Actividades que se realizan en la CPA para la explotación agrícola actual y la conservación de los suelos

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Regular	6	40.0	40.0	40.0
	Mal	9	60.0	60.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Tablas de contingencia

Tabla de contingencia Categoría * Comportamiento en la interacción de la CPA con las instituciones que se relacionan con ella desde el punto de vista de su asesoramiento técnico o de gestión del conocimiento en temas particulares como la fertilidad de suelos y su manejo

			Comportamiento en la interacción de la CPA con las instituciones que se relacionan con ella desde el punto de vista de su asesoramiento técnico o de gestión del conocimiento en temas particulares como la fertilidad de suelos y su manejo			Total
			Bueno	Regular	Mal	
Categoría	Decisor	Recuento	1	1	1	3
		% de Categoría	33.3%	33.3%	33.3%	100.0%
	Productor	Recuento	2	5	5	12
		% de Categoría	16.7%	41.7%	41.7%	100.0%
Total		Recuento	3	6	6	15
		% de Categoría	20.0%	40.0%	40.0%	100.0%

Gráfico de barras

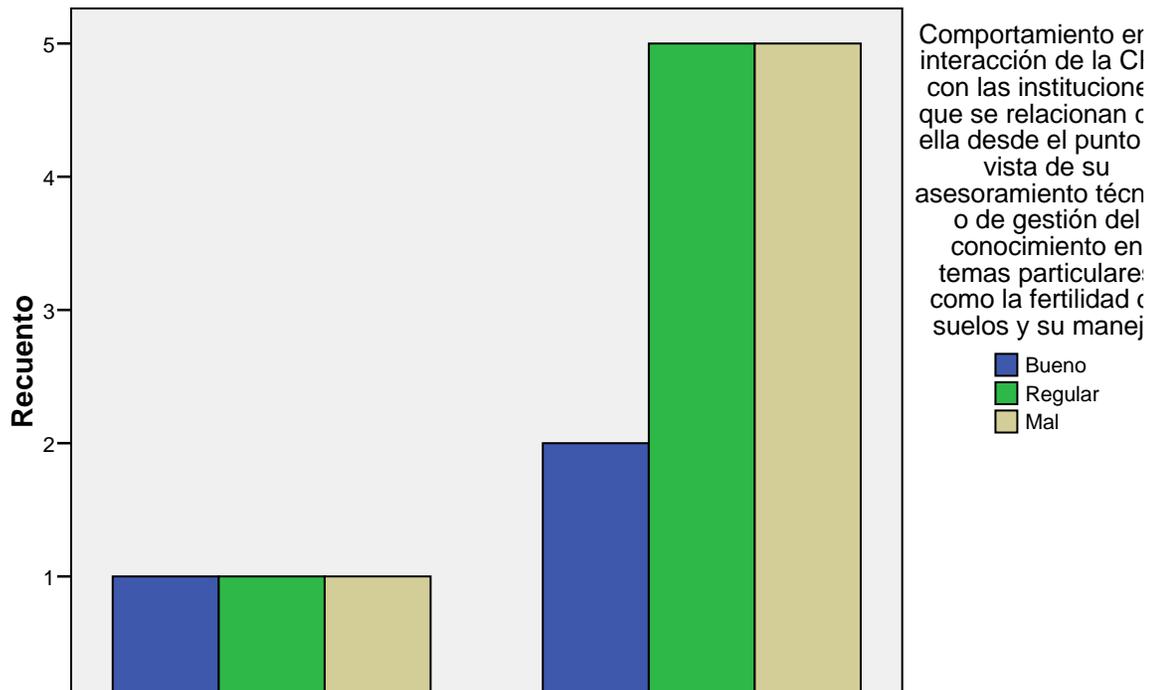


Tabla de contingencia Categoría * Conocimientos acerca de la fertilización de los suelos de uso agrícola de la CPA "Mártires de Barbados"

			Conocimientos acerca de la fertilización de los suelos de uso agrícola de la CPA "Mártires de Barbados"			Total
			Bueno	Regular	Mal	
Categoría	Decisor	Recuento	2	1	0	3
		% de Categoría	66.7%	33.3%	.0%	100.0%
	Productor	Recuento	0	6	6	12
		% de Categoría	.0%	50.0%	50.0%	100.0%
Total		Recuento	2	7	6	15
		% de Categoría	13.3%	46.7%	40.0%	100.0%

Gráfico de barras



Tabla de contingencia Categoría * Manifestación de los conocimientos acerca de la calificación e implicación de la diversificación de la producción en la pérdida de la fertilidad del suelo

			Manifestación de los conocimientos acerca de la calificación e implicación de la diversificación de la producción en la pérdida de la fertilidad del suelo			Total
			Bueno	Regular	Mal	
Categoría	Decisor	Recuento	1	1	1	3
		% de Categoría	33.3%	33.3%	33.3%	100.0%
	Productor	Recuento	0	4	8	12
		% de Categoría	.0%	33.3%	66.7%	100.0%
Total		Recuento	1	5	9	15
		% de Categoría	6.7%	33.3%	60.0%	100.0%

Gráfico de barras

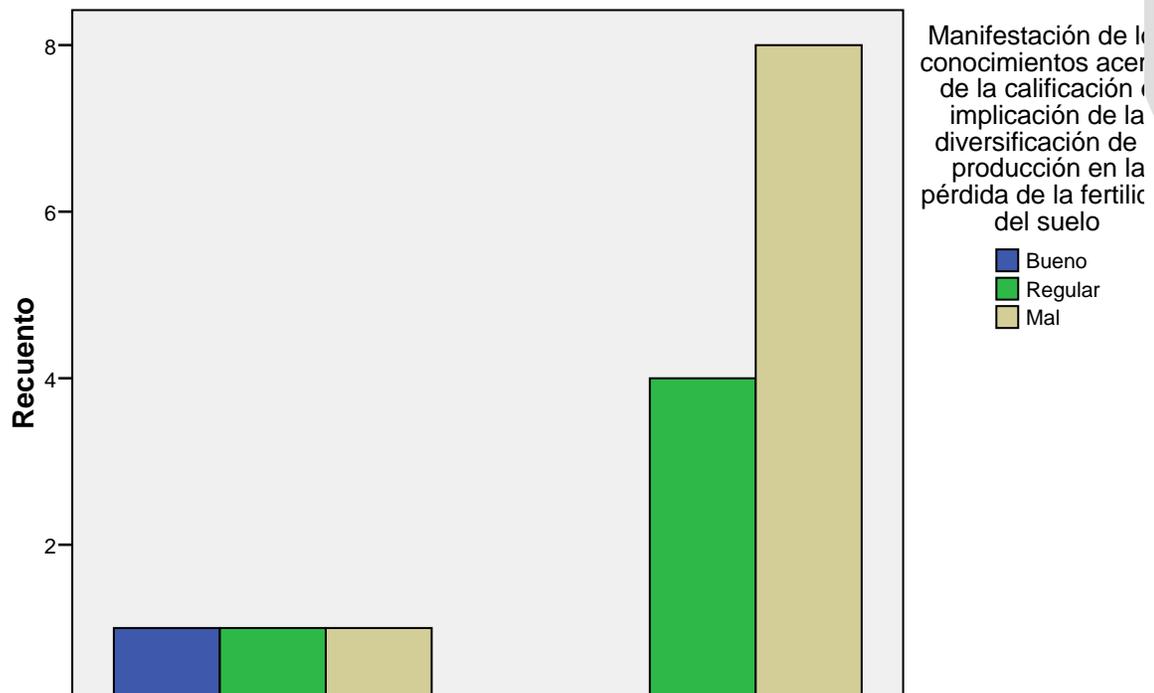


Tabla de contingencia Categoría * Manifestación de los conocimientos acerca del manejo del agroecosistema en la pérdida de la fertilidad del suelo

			Manifestación de los conocimientos acerca del manejo del agroecosistema en la pérdida de la fertilidad del suelo			Total
			Bueno	Regular	Mal	
Categoría	Decisor	Recuento	1	1	1	3
		% de Categoría	33.3%	33.3%	33.3%	100.0%
	Productor	Recuento	0	3	9	12
		% de Categoría	.0%	25.0%	75.0%	100.0%
Total		Recuento	1	4	10	15
		% de Categoría	6.7%	26.7%	66.7%	100.0%

Gráfico de barras

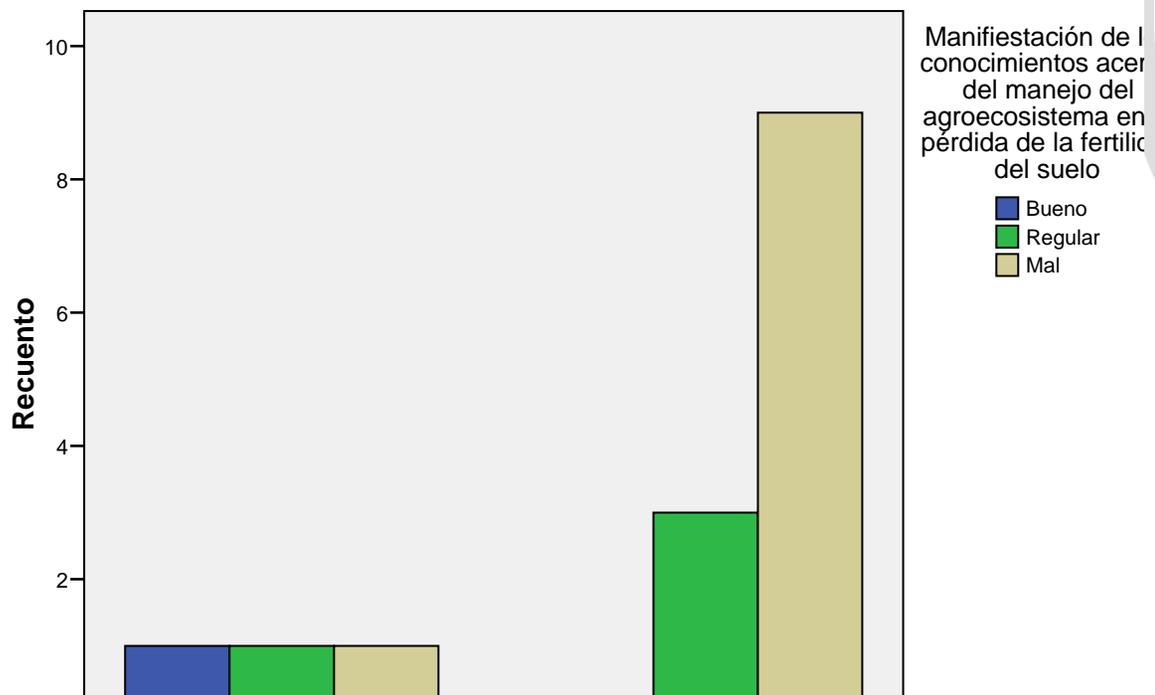


Tabla de contingencia Categoría * Conocimientos acerca de la aplicación de acciones de innovación científica como prácticas de manejo agrícola de los cultivos y/o recursos naturales (suelo y agua) en los agroecosistemas

			Conocimientos acerca de la aplicación de acciones de innovación científica como prácticas de manejo agrícola de los cultivos y/o recursos naturales (suelo y agua) en los agroecosistemas			Total
			Bueno	Regular	Mal	
Categoría	Decisor	Recuento	1	2	0	3
		% de Categoría	33.3%	66.7%	.0%	100.0%
	Productor	Recuento	0	5	7	12
		% de Categoría	.0%	41.7%	58.3%	100.0%
Total		Recuento	1	7	7	15
		% de Categoría	6.7%	46.7%	46.7%	100.0%

Gráfico de barras

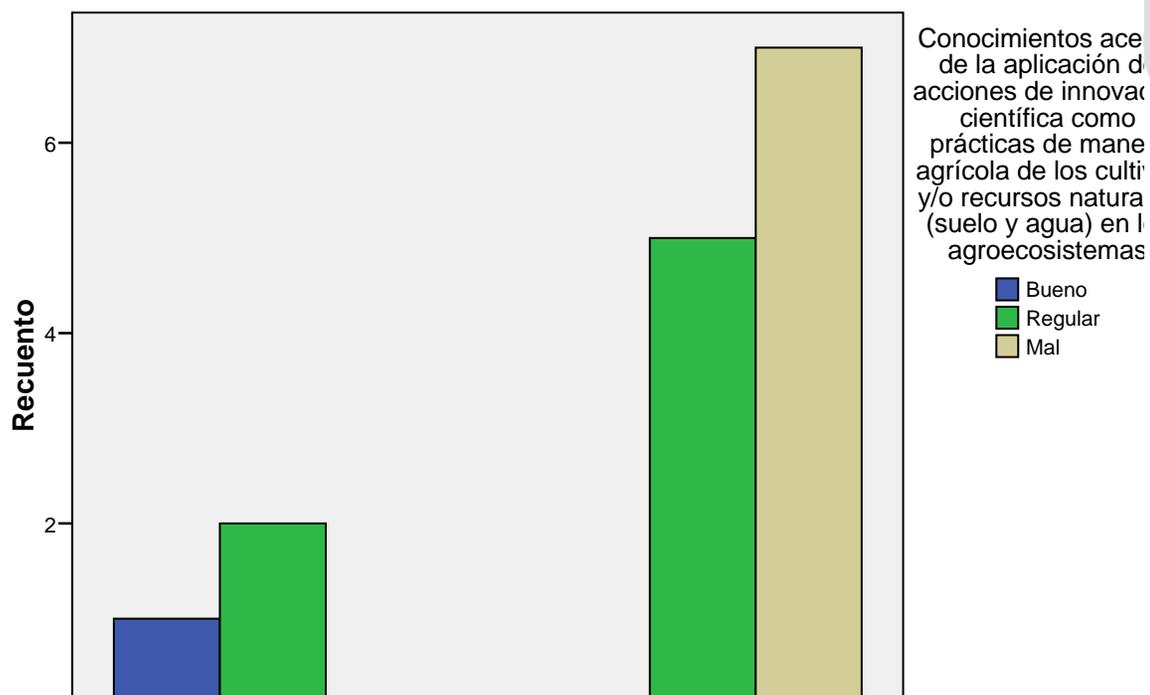


Tabla de contingencia Categoría * Comportamiento de las experiencias acerca del manejo de la fertilidad del suelo y su influencia en los rendimientos agrícolas de los cultivos

			Comportamiento de las experiencias acerca del manejo de la fertilidad del suelo y su influencia en los rendimientos agrícolas de los cultivos			Total
			Bueno	Regular	Mal	
Categoría	Decisor	Recuento	1	2	0	3
		% de Categoría	33.3%	66.7%	.0%	100.0%
	Productor	Recuento	2	4	6	12
		% de Categoría	16.7%	33.3%	50.0%	100.0%
Total		Recuento	3	6	6	15
		% de Categoría	20.0%	40.0%	40.0%	100.0%

Gráfico de barras

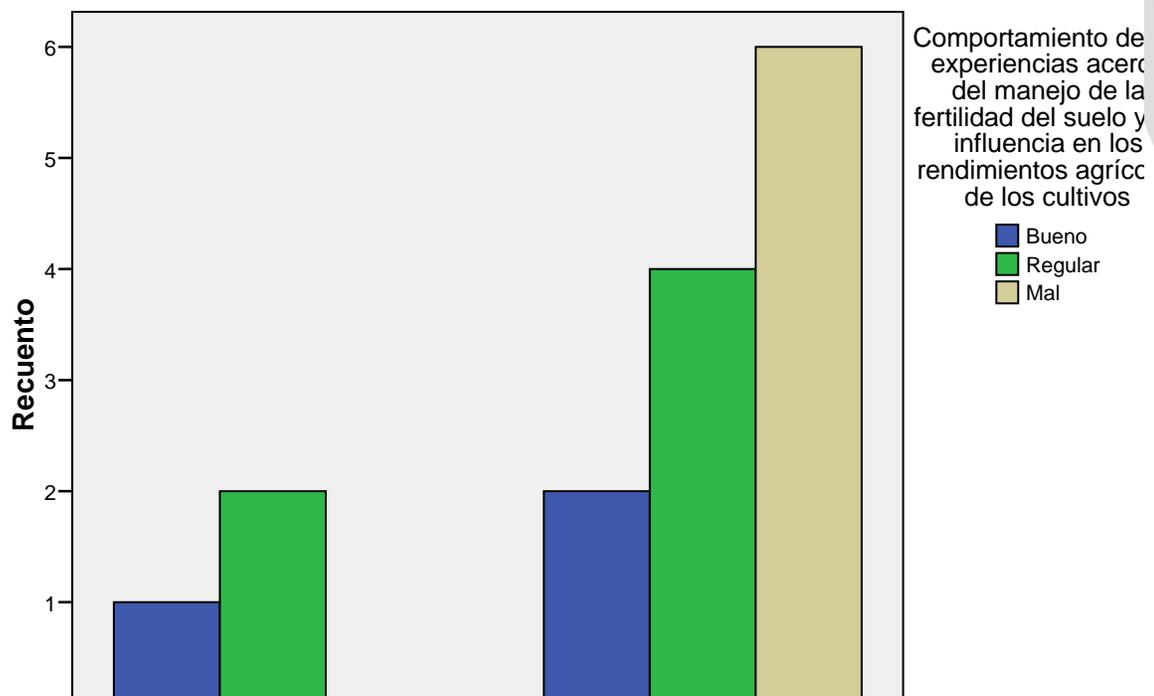


Tabla de contingencia Categoría * Conocimientos en la identificación y uso de los recursos propios existentes en la CPA, que pueden ser aprovechables, en la mejora de la fertilidad de sus suelos

			Conocimientos en la identificación y uso de los recursos propios existentes en la CPA, que pueden ser aprovechables, en la mejora de la fertilidad de sus suelos			Total
			Bueno	Regular	Mal	
Categoría	Decisor	Recuento	1	2	0	3
		% de Categoría	33.3%	66.7%	.0%	100.0%
	Productor	Recuento	2	4	6	12
		% de Categoría	16.7%	33.3%	50.0%	100.0%
Total		Recuento	3	6	6	15
		% de Categoría	20.0%	40.0%	40.0%	100.0%

Gráfico de barras

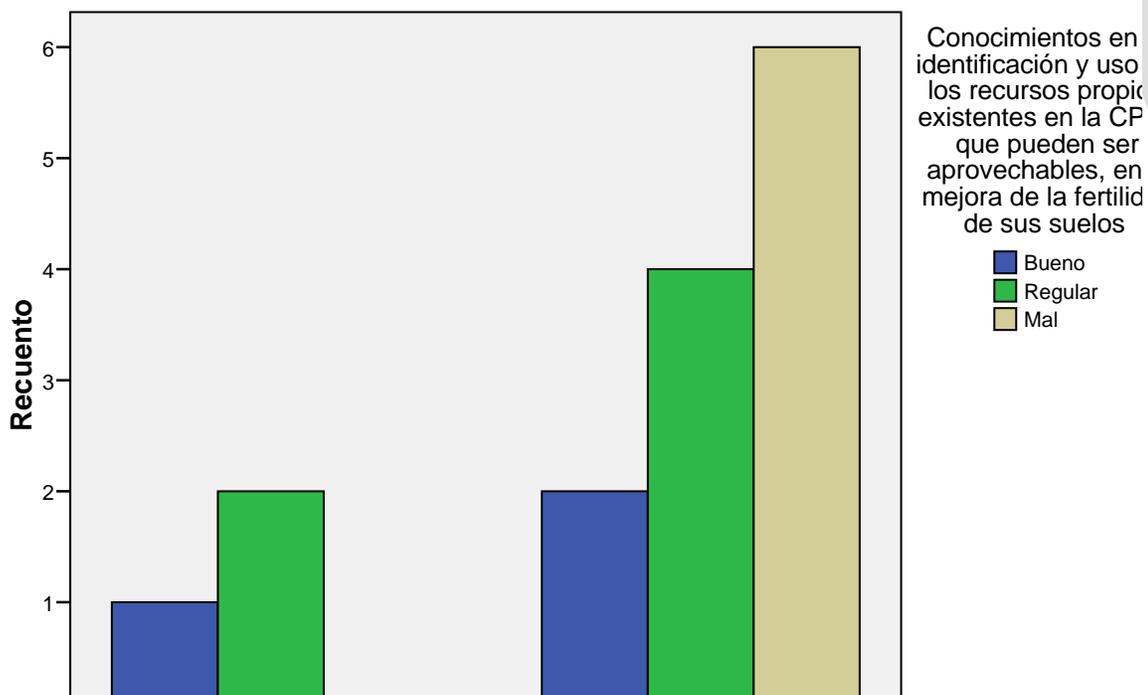


Tabla de contingencia Categoría * Conocimientos para la aplicación de residuos de cosecha como una vía factible en la mejora de la fertilidad del suelo, al utilizarlos como abono verde

			Conocimientos para la aplicación de residuos de cosecha como una vía factible en la mejora de la fertilidad del suelo, al utilizarlos como abono verde			Total
			Bueno	Regular	Mal	
Categoría	Decisor	Recuento	1	2	0	3
		% de Categoría	33.3%	66.7%	.0%	100.0%
	Productor	Recuento	2	4	6	12
		% de Categoría	16.7%	33.3%	50.0%	100.0%
Total		Recuento	3	6	6	15
		% de Categoría	20.0%	40.0%	40.0%	100.0%

Gráfico de barras

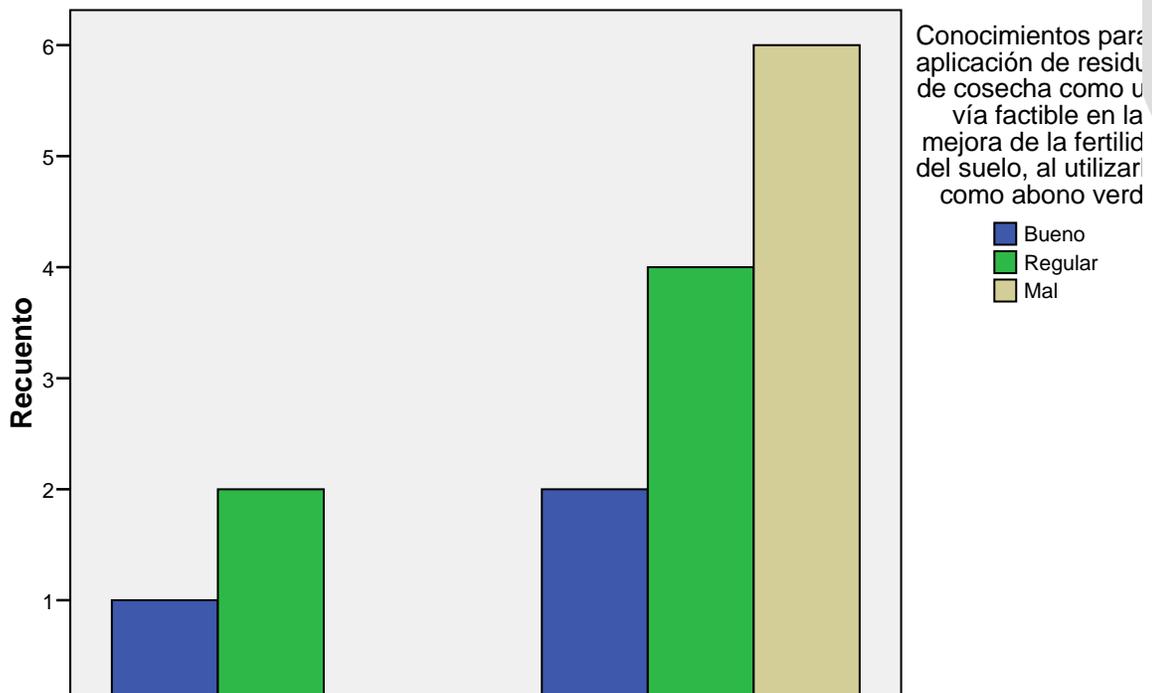


Tabla de contingencia Categoría * Conocimientos acerca del uso de la lombricultura y el compost

			Conocimientos acerca del uso de la lombricultura y el compost		Total
			Regular	Mal	
Categoría	Decisor	Recuento	3	0	3
		% de Categoría	100.0%	.0%	100.0%
	Productor	Recuento	8	4	12
		% de Categoría	66.7%	33.3%	100.0%
Total		Recuento	11	4	15
		% de Categoría	73.3%	26.7%	100.0%

Gráfico de barras

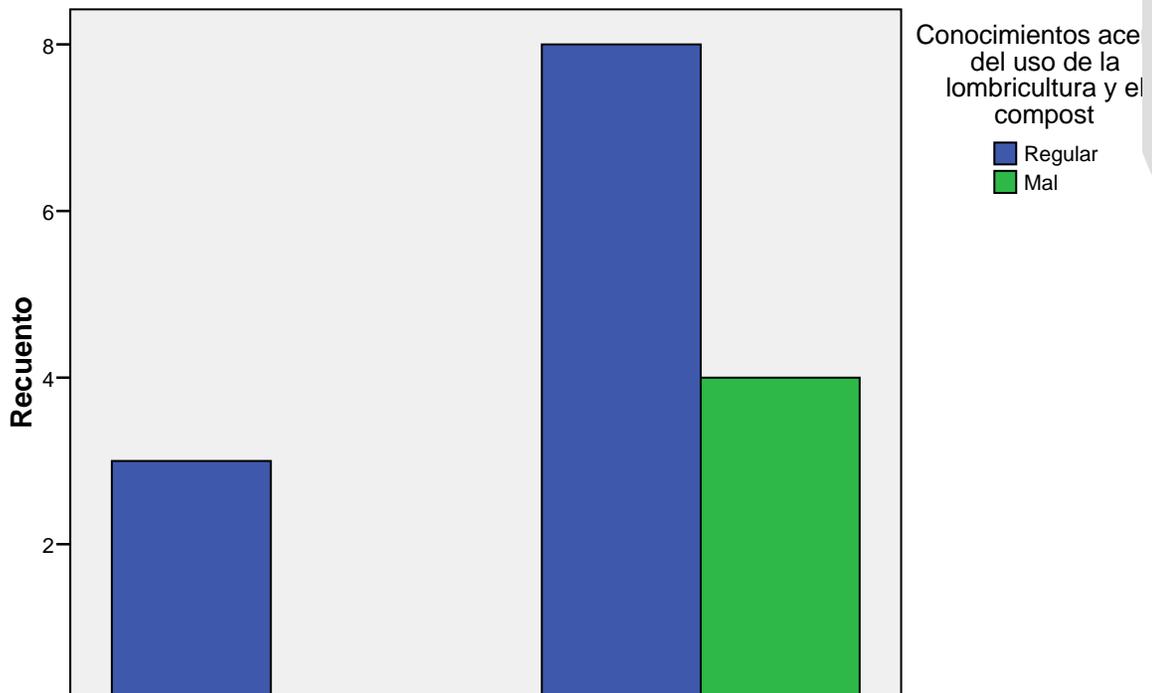


Tabla de contingencia Categoría * Conocimientos sobre las costras biológicas, que pueden constituirse como un recurso propio o alternativa en la mejora de la fertilidad del suelo

			Conocimientos sobre las costras biológicas, que pueden constituirse como un recurso propio o alternativa en la mejora de la fertilidad del suelo		Total
			Regular	Mal	
Categoría	Decisor	Recuento	1	2	3
		% de Categoría	33.3%	66.7%	100.0%
	Productor	Recuento	2	10	12
		% de Categoría	16.7%	83.3%	100.0%
Total		Recuento	3	12	15
		% de Categoría	20.0%	80.0%	100.0%

Gráfico de barras

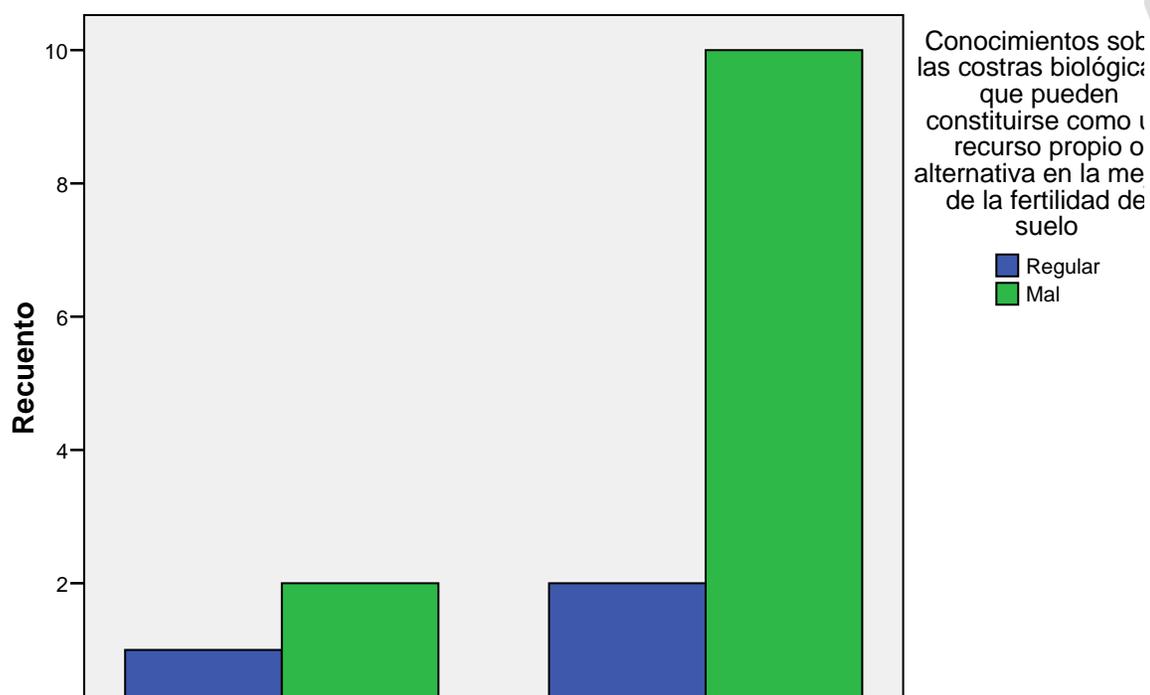


Tabla de contingencia Categoría * Manifestación de la proyección de la capacitación hacia el uso y manejo del suelo en función de conservar su fertilidad

			Manifestación de la proyección de la capacitación hacia el uso y manejo del suelo en función de conservar su fertilidad		Total
			Regular	Mal	
Categoría	Decisor	Recuento	2	1	3
		% de Categoría	66.7%	33.3%	100.0%
	Productor	Recuento	4	8	12
		% de Categoría	33.3%	66.7%	100.0%
Total		Recuento	6	9	15
		% de Categoría	40.0%	60.0%	100.0%

Gráfico de barras

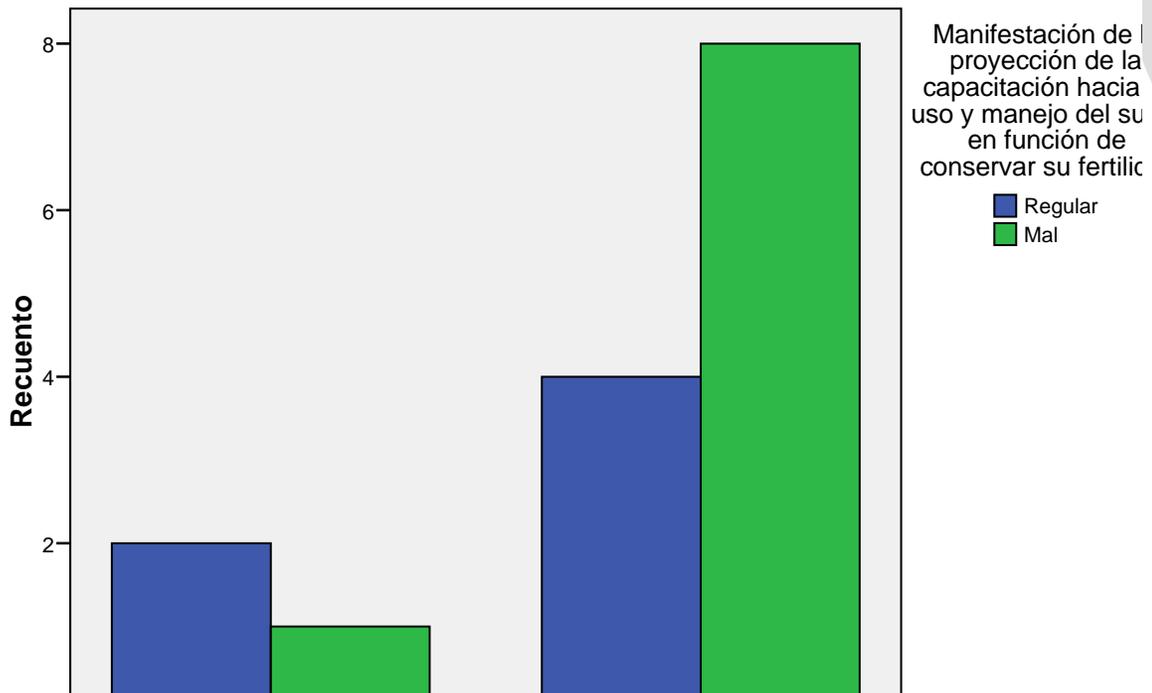
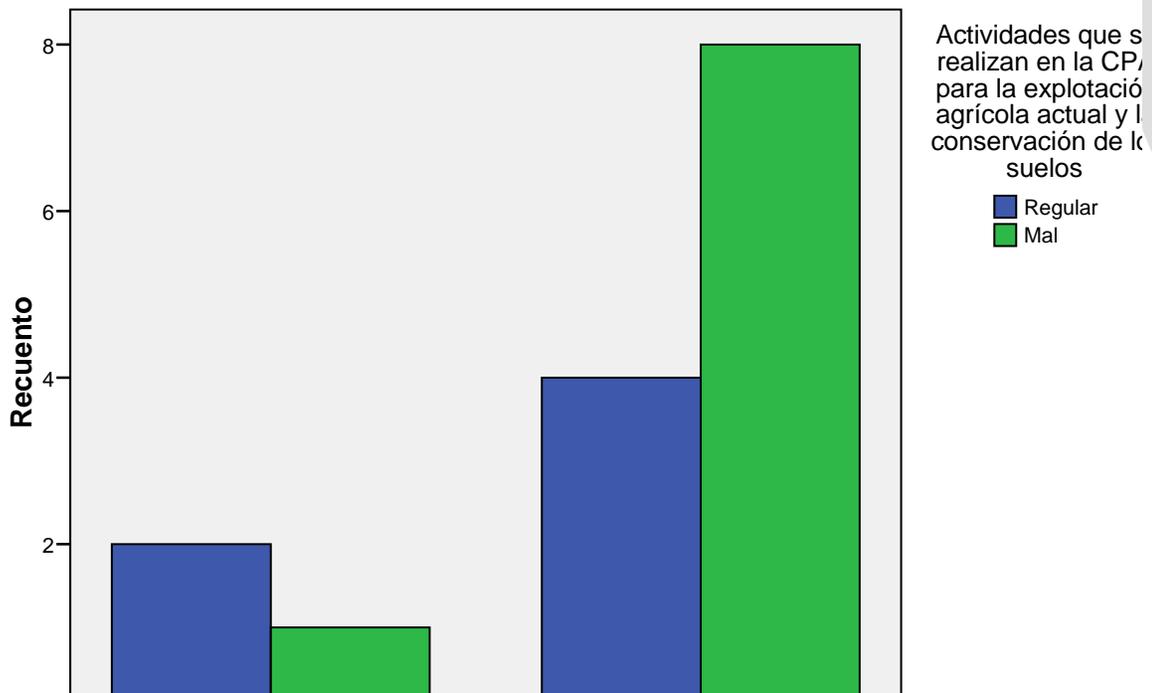


Tabla de contingencia Categoría * Actividades que se realizan en la CPA para la explotación agrícola actual y la conservación de los suelos

			Actividades que se realizan en la CPA para la explotación agrícola actual y la conservación de los suelos		Total
			Regular	Mal	
Categoría	Decisor	Recuento	2	1	3
		% de Categoría	66.7%	33.3%	100.0%
	Productor	Recuento	4	8	12
		% de Categoría	33.3%	66.7%	100.0%
Total		Recuento	6	9	15
		% de Categoría	40.0%	60.0%	100.0%

Gráfico de barras



Anexo6. Resultados de la entrevista a informantes externos: dos decisores de la Delegación de la Agricultura y uno de la Asociación de Agricultores Pequeños (ANAP) del municipio Cienfuegos, y a 12 productores de la CPA.

Tablas de frecuencia

Categoría

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Decisores	3	20.0	20.0	20.0
	Productores	12	80.0	80.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Conocimientos que tiene sobre la fertilidad que muestran los suelos de uso agrícola de la CPA

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	1	6.7	6.7	6.7
	Medio	11	73.3	73.3	80.0
	Bajo	3	20.0	20.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Conocimientos que tiene sobre la presencia de recursos propios de los suelos de uso agrícola, de la CPA

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	1	6.7	6.7	6.7
	Medio	9	60.0	60.0	66.7
	Bajo	5	33.3	33.3	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Conocimientos que tiene sobre el uso que usted realiza de los recursos propios de los suelos de uso agrícola, en la CPA

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	1	6.7	6.7	6.7
	Medio	7	46.7	46.7	53.3
	Bajo	7	46.7	46.7	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Conocimientos que tiene sobre los recursos para mejorar la fertilidad de suelos, de uso agrícola de la CPA

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	1	6.7	6.7	6.7
	Medio	7	46.7	46.7	53.3
	Bajo	7	46.7	46.7	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Conocimientos para la aplicación de residuos de cosecha como una vía factible en la mejora de la fertilidad del suelo, al utilizarlos como abono verde

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	1	6.7	6.7	6.7
	Medio	5	33.3	33.3	40.0
	Bajo	9	60.0	60.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Conocimientos acerca del uso de la lombricultura y el compost

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	1	6.7	6.7	6.7
	Medio	4	26.7	26.7	33.3
	Bajo	10	66.7	66.7	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Conocimientos que tiene sobre las bondades de las costras biológicas para la mejora de la fertilidad de suelos de uso agrícola de la CPA

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	1	6.7	6.7	6.7
	Medio	3	20.0	20.0	26.7
	Bajo	8	53.3	53.3	80.0
	Nulo	3	20.0	20.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Tablas de contingencia

Tabla de contingencia Categoría * Conocimientos que tiene sobre la fertilidad que muestran los suelos de uso agrícola de la CPA

			Conocimientos que tiene sobre la fertilidad que muestran los suelos de uso agrícola de la CPA			Total
			Alto	Medio	Bajo	
Categoría	Decisores	Recuento	1	1	1	3
		% de Categoría	33.3%	33.3%	33.3%	100.0%
	Productores	Recuento	0	10	2	12
		% de Categoría	.0%	83.3%	16.7%	100.0%
Total		Recuento	1	11	3	15
		% de Categoría	6.7%	73.3%	20.0%	100.0%

Gráfico de barras

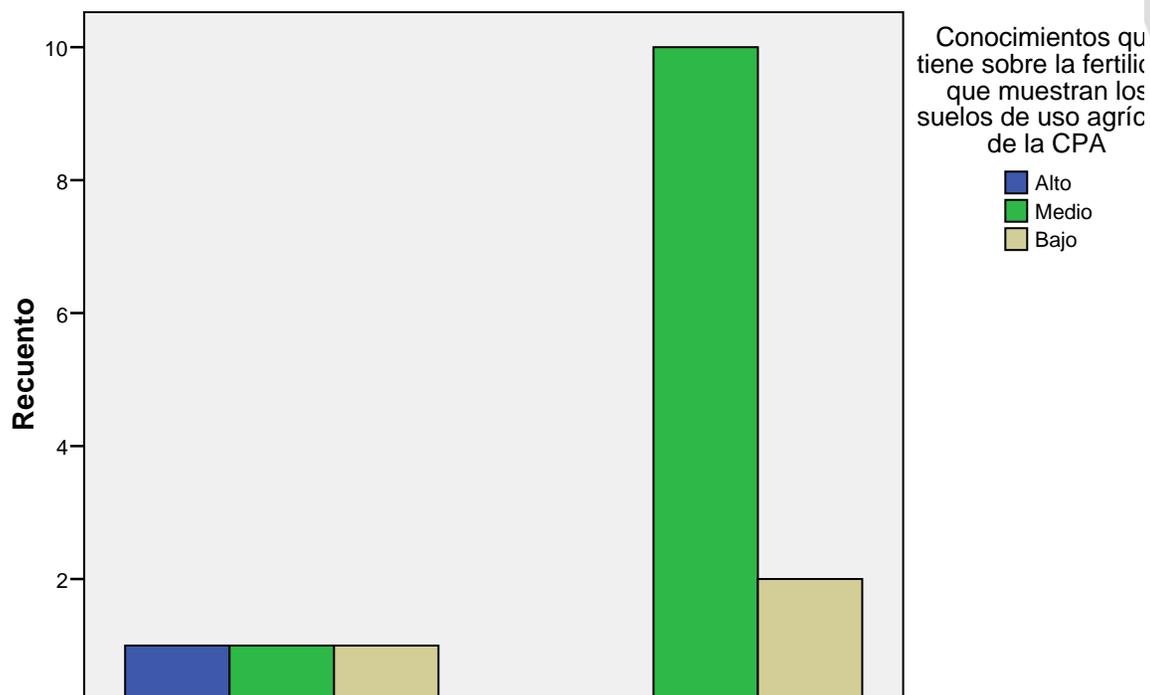


Tabla de contingencia Categoría * Conocimientos que tiene sobre la presencia de recursos propios de los suelos de uso agrícola, de la CPA

			Conocimientos que tiene sobre la presencia de recursos propios de los suelos de uso agrícola, de la CPA			Total
			Alto	Medio	Bajo	
Categoría	Decisores	Recuento	1	2	0	3
		% de Categoría	33.3%	66.7%	.0%	100.0%
	Productores	Recuento	0	7	5	12
		% de Categoría	.0%	58.3%	41.7%	100.0%
Total		Recuento	1	9	5	15
		% de Categoría	6.7%	60.0%	33.3%	100.0%

Gráfico de barras

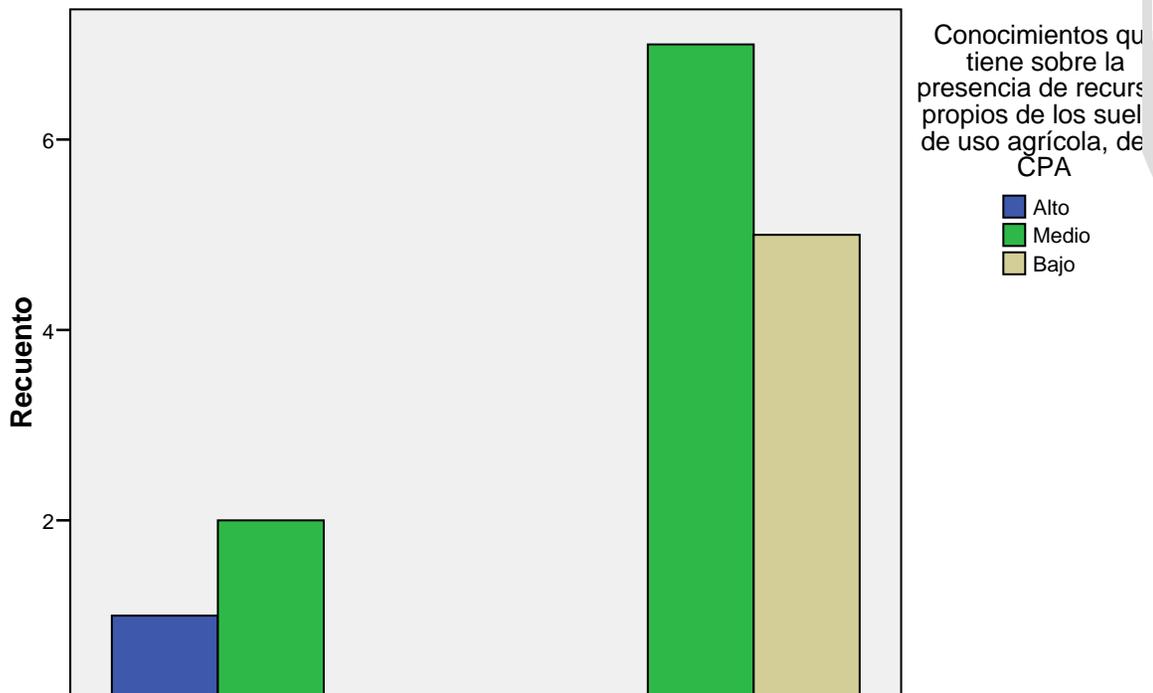


Tabla de contingencia Categoría * Conocimientos que tiene sobre el uso que usted realiza de los recursos propios de los suelos de uso agrícola, en la CPA

			Conocimientos que tiene sobre el uso que usted realiza de los recursos propios de los suelos de uso agrícola, en la CPA			Total
			Alto	Medio	Bajo	
Categoría	Decisores	Recuento	1	0	2	3
		% de Categoría	33.3%	.0%	66.7%	100.0%
	Productores	Recuento	0	7	5	12
		% de Categoría	.0%	58.3%	41.7%	100.0%
Total		Recuento	1	7	7	15
		% de Categoría	6.7%	46.7%	46.7%	100.0%

Gráfico de barras

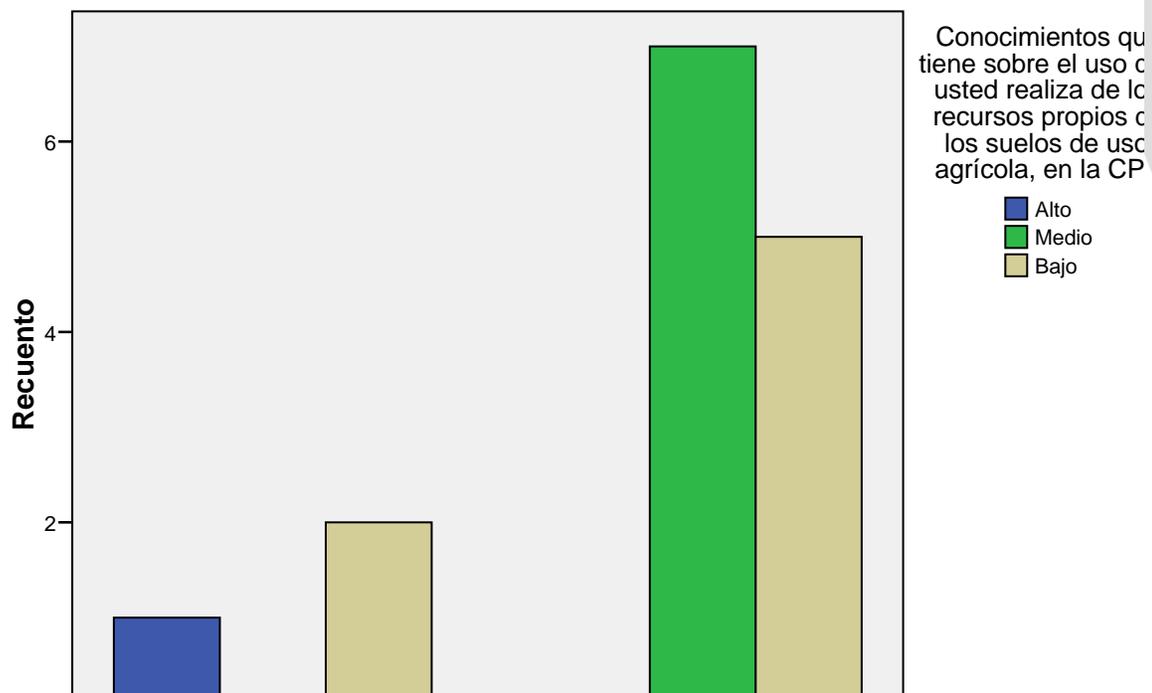


Tabla de contingencia Categoría * Conocimientos que tiene sobre los recursos para mejorar la fertilidad de suelos, de uso agrícola de la CPA

			Conocimientos que tiene sobre los recursos para mejorar la fertilidad de suelos, de uso agrícola de la CPA			Total
			Alto	Medio	Bajo	
Categoría	Decisores	Recuento	1	0	2	3
		% de Categoría	33.3%	.0%	66.7%	100.0%
	Productores	Recuento	0	7	5	12
		% de Categoría	.0%	58.3%	41.7%	100.0%
Total		Recuento	1	7	7	15
		% de Categoría	6.7%	46.7%	46.7%	100.0%

Gráfico de barras

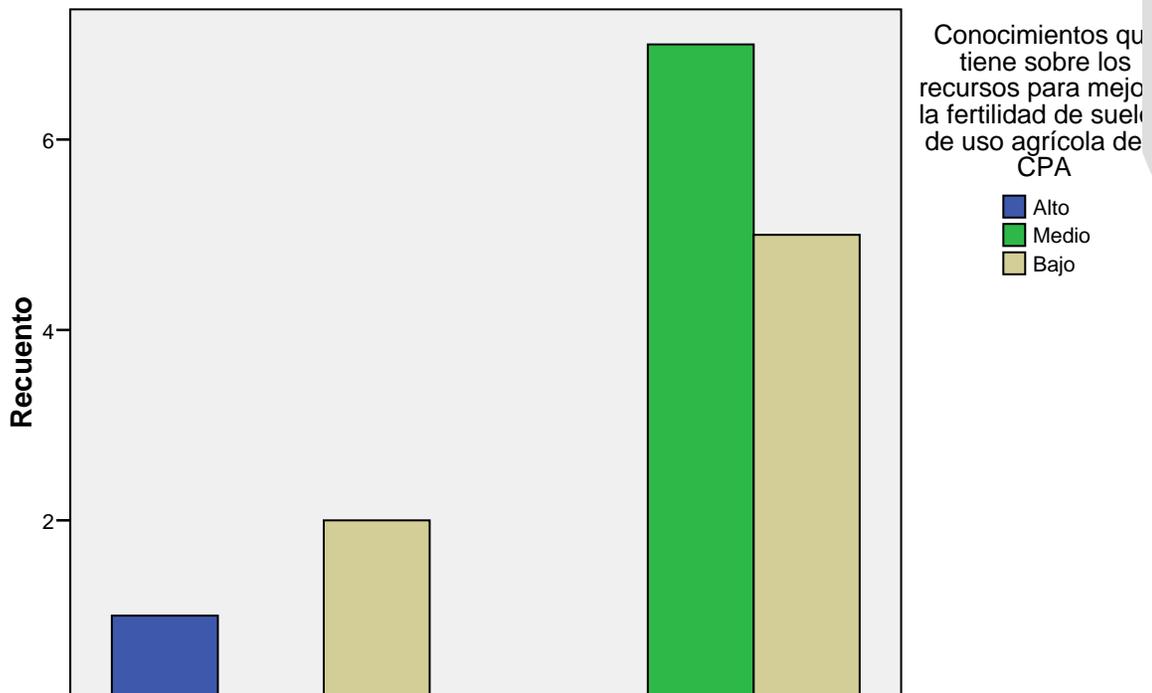


Tabla de contingencia Categoría * Conocimientos para la aplicación de residuos de cosecha como una vía factible en la mejora de la fertilidad del suelo, al utilizarlos como abono verde

			Conocimientos para la aplicación de residuos de cosecha como una vía factible en la mejora de la fertilidad del suelo, al utilizarlos como abono verde			Total
			Alto	Medio	Bajo	
Categoría	Decisores	Recuento	1	1	1	3
		% de Categoría	33.3%	33.3%	33.3%	100.0%
	Productores	Recuento	0	4	8	12
		% de Categoría	.0%	33.3%	66.7%	100.0%
Total		Recuento	1	5	9	15
		% de Categoría	6.7%	33.3%	60.0%	100.0%

Gráfico de barras

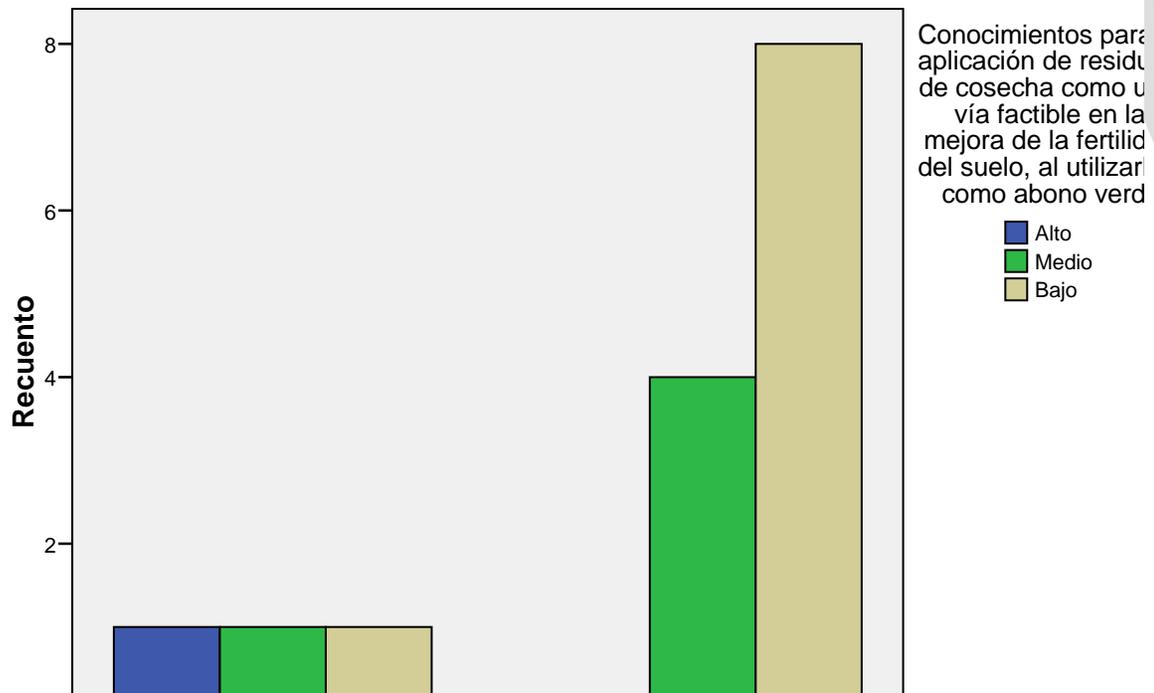


Tabla de contingencia Categoría * Conocimientos acerca del uso de la lombricultura y el compost

			Conocimientos acerca del uso de la lombricultura y el compost			Total
			Alto	Medio	Bajo	
Categoría	Decisores	Recuento	1	0	2	3
		% de Categoría	33.3%	.0%	66.7%	100.0%
	Productores	Recuento	0	4	8	12
		% de Categoría	.0%	33.3%	66.7%	100.0%
Total		Recuento	1	4	10	15
		% de Categoría	6.7%	26.7%	66.7%	100.0%

Gráfico de barras

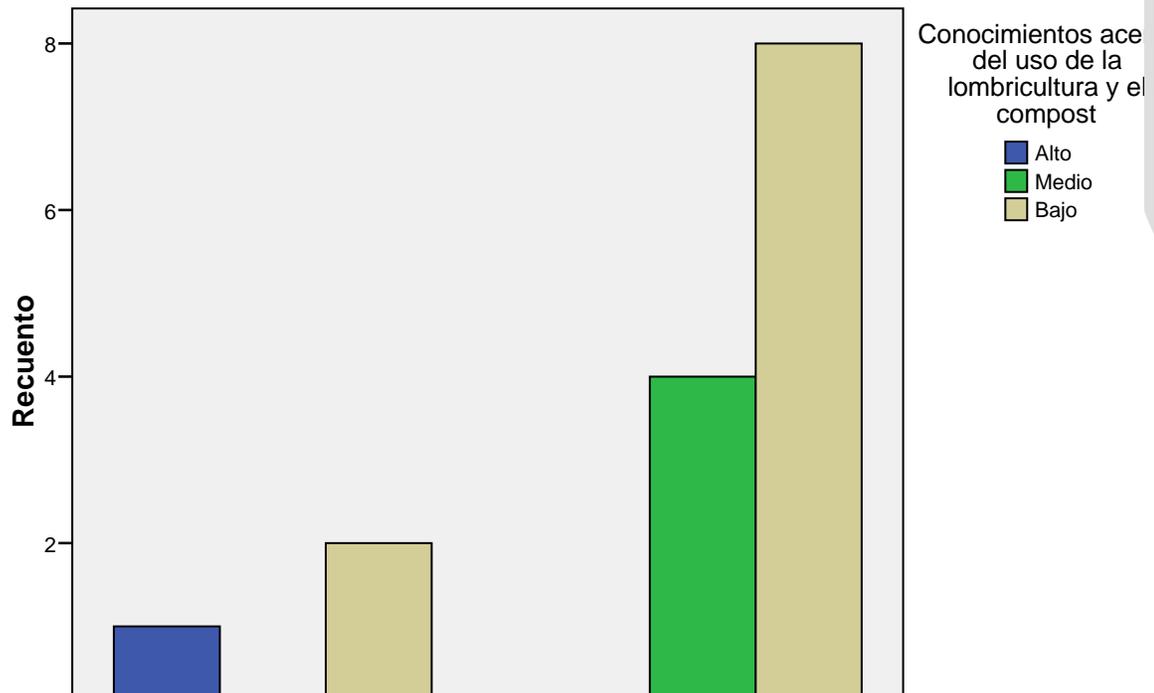
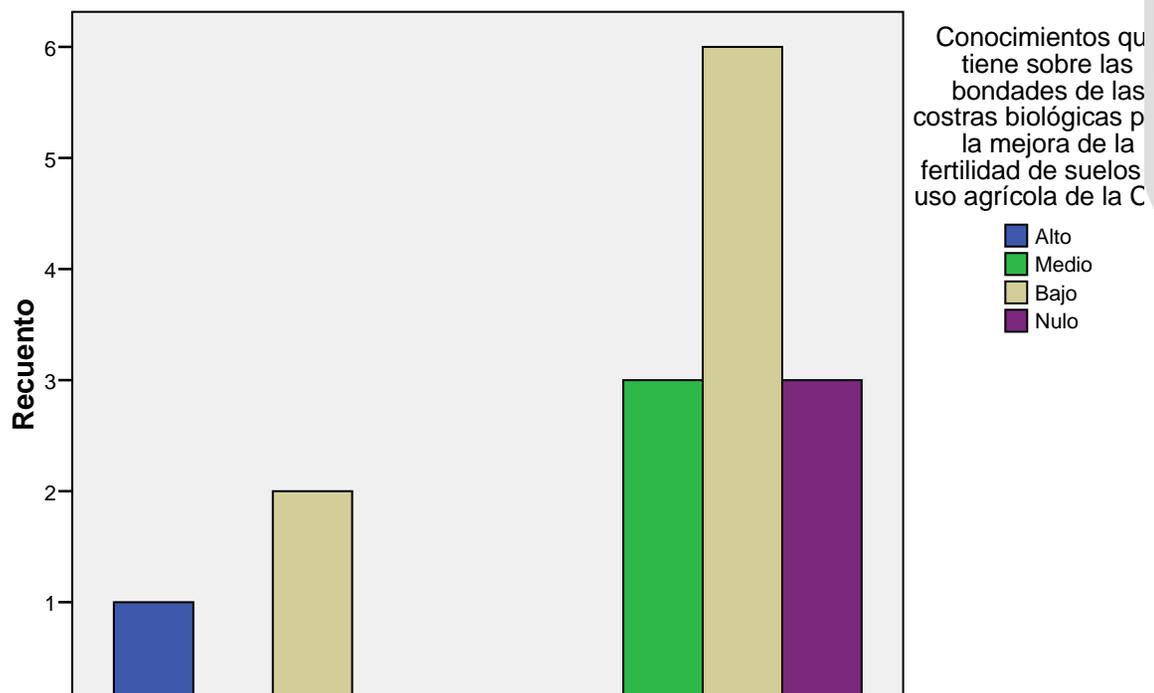


Tabla de contingencia Categoría * Conocimientos que tiene sobre las bondades de las costras biológicas para la mejora de la fertilidad de suelos de uso agrícola de la CPA

			Conocimientos que tiene sobre las bondades de las costras biológicas para la mejora de la fertilidad de suelos de uso agrícola de la CPA				Total
			Alto	Medio	Bajo	Nulo	
Categoría	Decisores	Recuento	1	0	2	0	3
		% de Categoría	33.3%	.0%	66.7%	.0%	100.0%
	Productores	Recuento	0	3	6	3	12
		% de Categoría	.0%	25.0%	50.0%	25.0%	100.0%
Total		Recuento	1	3	8	3	15
		% de Categoría	6.7%	20.0%	53.3%	20.0%	100.0%

Gráfico de barras



Anexo7. Propuesta de Alternativas de mejoras de fertilidad de suelos en la Cooperativa de Producción Agropecuaria “Mártires de Barbados” aprovechando recursos propios

Objetivo: Proponer alternativas, fundamentadas en la gestión del conocimiento, a partir de tres líneas base, que permitan enfrentar los efectos de la baja fertilidad de los suelos de la CPA “Mártires de Barbados”, del municipio Cienfuegos.

Análisis de los antecedentes

El análisis de los antecedentes consideró el estudio de investigaciones en el contexto cienfueguero, de los últimos 5 años y fueron seleccionados los siguientes trabajos:

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

Trabajo presentado por los autores: Hernández, Y., Bernal, C., Muñoz, P., González, O.; en el cual plantean como contribuir a la preservación del recurso suelo en áreas agrícolas afectadas por la erosión que son dedicadas a cultivos varios, integrando medidas de conservación y mejoramiento en un suelo Pardo Grisáceo de la Finca Sarduy perteneciente a la cooperativa Tabloncito del municipio Cumanayagua, a partir de una tecnología que integró labranza mínima, rotación de cultivos, barreras vivas y/o muertas, canales, terrazas, siembra en contornos, la adición de materiales orgánicos y biofertilizantes.

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

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

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

Estudio presentado por los autores: Hernández, C., Bernal, Y., Ojeda; L., Vega, M. quienes en el periodo 2016 – 2017 diagnosticaron la situación en la degradación del

suelo en la finca Eliecer, proponiendo un plan de manejo del área con énfasis en la conservación y mejoramiento del suelo para la siembra de cultivos varios.

- 2018. Índice de calidad del suelo en la Empresa Pecuaria El Tablón. Cienfuegos. Estudio presentado por los autores: Ojeda, L., Machado, Y., Bernal, Y., Hernández, M.E., y otros, quienes presentan en el año 2015, un análisis de la fertilidad del suelo en las principales empresas ganaderas de Cuba, mostrando que el 25 % de la superficie agrícola de la Empresa Pecuaria El Tablón estaba afectada; validándose el software Sistema Cuantitativo de Evaluación y Monitoreo de la Calidad del Suelo (SEMCAS), que analiza de forma integrada indicadores físicos, químicos y biológicos.

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

El análisis realizado posibilitó considerar que estos estudios se direccionan fundamentalmente a la atención de los aspectos biológicos, físicos y químicos del suelo, y en ningún caso se presentan alternativas que tomen a punto de partida la gestión del conocimiento, desde la cual se lograría la formación de capacidades para mitigar los efectos negativos en la fertilidad del suelo; razones que permiten la presentación de la fundamentación del resultado de la investigación.

Fundamentación

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

Las diferentes actividades que los grupos humanos realizan en los espacios geográficos traen como consecuencia el rápido deterioro del suelo y de sus características básicas.

En las últimas décadas, cerca de la tercera parte de la tierra que se cultiva en el mundo se ha erosionado a una tasa más rápida que la de su propia formación; en muchos países más de la mitad de los suelos han sido afectados por la erosión a diferentes niveles.

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

Promover la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental de los sistemas agrícolas requiere adoptar un enfoque integrado en la gestión de la fertilidad del suelo, que potencie al máximo la producción de cultivos y reduzca al mínimo la extracción de las reservas de nutrientes del suelo y la degradación de las propiedades físicas y químicas de este, lo que puede desembocar en la degradación de la tierra, incluida la erosión del suelo. Esas prácticas de gestión de la fertilidad del suelo incluyen, entre otras cosas, el uso de abonos e insumos orgánicos, la aplicación de técnicas de rotación de cultivos con leguminosas y el empleo de germoplasma mejorado, así como saber cómo adaptar esas prácticas a las condiciones locales, apoyando, de ese modo, la intensificación de la producción de cultivos y la preservación de los recursos naturales.

Para una gestión eficaz de la fertilidad del suelo, es necesario una gestión integrada que tiene como finalidad maximizar la eficacia del uso agronómico de los nutrientes y mejorar la productividad de los cultivos. Ese objetivo puede alcanzarse mediante el uso de varias alternativas, que contribuyen a la mejora de la fertilidad del suelo, aprovechando los recursos propios de este.

La fertilidad del suelo puede potenciarse incorporando cultivos de protección que agreguen materia orgánica al suelo, lo que mejora su estructura y promueve un suelo sano y fértil; utilizando abono verde o cultivando plantas que permitan fijar el nitrógeno del aire a través del proceso de fijación biológica de nitrógeno; aplicando microdosis de fertilizante para reponer las pérdidas que se producen mediante la absorción de las plantas y otros procesos; y reduciendo al mínimo las pérdidas provocadas por la

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

Así, entender la situación actual que presentan los suelos en Cuba, en cuanto a su fertilidad, resulta fundamental para promover un renglón tan importante como es el de la agricultura y en el caso de la provincia Cienfuegos resulta vital, pues la economía descansa en los polos productivos agrícolas, a los cuales pertenecen las formas productivas, que incluye a la CPA “Mártires de Barbados”.

Se han identificado diversos factores que afectan la fertilidad de los suelos; entre estos se encuentra el clima, pues el incremento de la temperatura provocado por los gases de efecto invernadero puede cambiar la biología del suelo, problemática que indica y destaca la necesidad de trabajar desde ahora por evitar la degradación de los suelos, buscando estrategias para conservar la fertilidad e incrementar la producción agrícola, así como encontrar mecanismos y estrategias para combatir y adaptarse al cambio climático.

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

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

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

Ante esta situación, Cuba implementó el Programa de Producción de Abonos Orgánicos y Biofertilizantes; y el Programa Nacional de Conservación y Mejoramiento de los

Suelos, del Ministerio de la Agricultura, que tiene entre sus principales prioridades combatir la erosión, la acidez, alcalinidad, la salinidad y baja fertilidad que los afectan, además de incrementar el nivel de recursos y elevar así los mecanismos que aporten a la protección del suelo y su fertilidad.

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

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

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

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

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

Hoy en los campos de CPA "Mártires de Barbados", del municipio de Cienfuegos, no se imagina que alguna vez esa entidad alcanzó los 100 mil quintales de viandas cosechadas; algunos fenómenos meteorológicos afectaron sus áreas y a ello se sumaron también problemas organizativos que hicieron decaer la mayor fuente de

producción de alimentos de la ciudad; sin embargo, corren nuevos aires y las máximas autoridades del territorio, de conjunto con la dirección de la Agricultura y la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), y la Universidad de Cienfuegos conciben una estrategia para rescatar los terrenos de la “Mártires de Barbados” y así contribuir al autoabastecimiento del municipio.

En ello, la intención es sellar las 107 hectáreas que existen bajo riego, de ellas 32 en producción. En la zona de El Güiro están listas nueve ha para el frijol, de las 50 a sembrar. Igualmente tienen calabaza, yuca, plátano macho y está previsto el tomate; pero esos retos se ven amenazados por el déficit de fuerza laboral, identificándose la necesidad de una fuerza necesaria de entre 140 y 150 cooperativistas

Hoy en la CPA “Mártires de Barbados” requiere de aunar todos los esfuerzos posibles, y entre esos esfuerzos está la propuesta de Alternativas para mitigar los efectos de la baja fertilidad, que en estos momentos se constituye como una problemática a resolver.

Líneas base (Alternativas)

- I. Capacitación
- II. Vinculación teoría práctica
- III. Intercambio de experiencias y buenas prácticas

Alternativas. Línea base I. Capacitación

Sugerencias de Temas a desarrollar

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

Sinopsis

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

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

El abono y el compost son necesarios para mejorar la estructura del suelo (los fertilizantes químicos son necesarios para una mayor producción). El método común es

cavar un hoyo para producir y mezclar el compost, la materia orgánica, el abono y utilizarlos en el suelo, justo antes de plantar los cultivos. Esta es la aplicación básica. Después de plantar, aplique pequeñas cantidades de abono alrededor de la planta y añádale aproximadamente cada dos semanas hasta cuando se produzca la cosecha.

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

Sinopsis

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

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

Ejemplo de un compost en montón



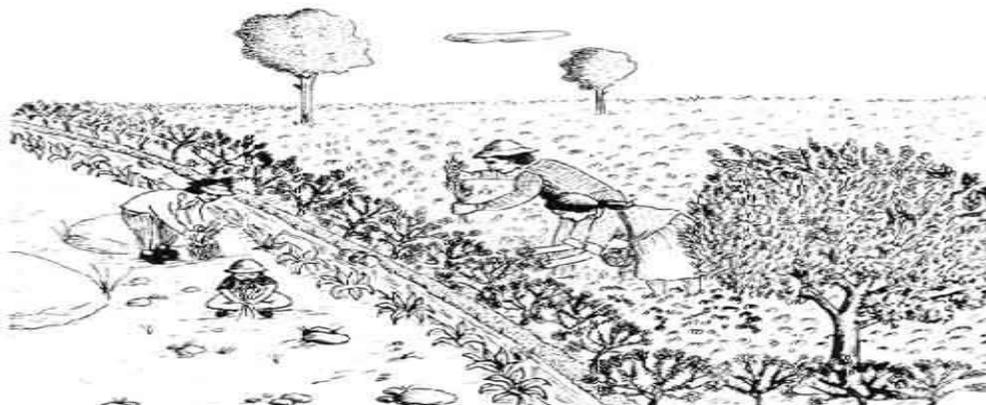
Tema 3. ¿Cómo se maneja la fertilidad del suelo? Fertilizantes

Sinopsis

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

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

Uso de cercas



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

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

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

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

Sinopsis

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

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

Así, la Costra biológica (CBS) se presenta como un sistema modelo idóneo para ampliar el conocimiento acerca de la relación biodiversidad-funcionamiento del ecosistema (Bowker et al. 2010b). Entre las diversas cualidades de estos organismos, podemos citar los múltiples niveles tróficos de las especies que la constituyen, sus atributos funcionales y la facilidad con la que algunos componentes de la CBS pueden ser manipulados en experimentos y estudios observacionales. Como las plantas, y a diferencia de otros organismos del suelo, algunos grupos que componen la CBS son visibles, lo que facilita su manejo, si bien su identificación suele requerir de conocimientos taxonómicos detallados. Bowker et al. (2010b) analizaron distintas bases de datos a escalas espaciales contrastadas en ecosistemas semiáridos de Estados Unidos y España. Estos autores encontraron que incluso cuando la abundancia total de la CBS y el gradiente ambiental son controlados, las relaciones directas y aproximadamente lineales entre riqueza de especies y/o equitatividad e indicadores del funcionamiento del ecosistema son comunes. Los resultados de este estudio sugieren que los briófitos y líquenes que forman parte de la CBS pueden exhibir baja redundancia funcional. Estos resultados, junto con los de estudios como Maestre et al. (2005), demuestran que atributos de la CBS (riqueza, equitatividad) afectan de manera diferente el funcionamiento del ecosistema, indicando también que la CBS es un buen sistema modelo para estudiar las relaciones entre la biodiversidad y el funcionamiento del ecosistema.

Distintos autores han puesto de manifiesto que los atributos de las comunidades bióticas pueden tener un mayor efecto sobre el funcionamiento del ecosistema que los factores abióticos (Van Cleve et al. 1991, Chapin et al. 2000).

El estudio del papel de la diversidad y el patrón espacial de la CBS como determinantes del funcionamiento y estabilidad de ecosistemas áridos y semiáridos ha merecido un especial reconocimiento en los últimos años.

Alternativas. Línea base II. Vinculación teoría práctica

Sugerencias

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

Alternativas. Línea principal III. Intercambio de experiencias con otros productores

Sugerencias

1. Identificación de experiencias y buenas prácticas para la mejora de la fertilidad del suelo.
2. Sistematización de dichas experiencias y buenas prácticas para la mejora de la fertilidad del suelo.
3. Organización de una carpeta metodológica que contenga las evidencias de las experiencias y buenas prácticas para la mejora de la fertilidad del suelo.
4. Presentación de las experiencias y buenas prácticas para la mejora de la fertilidad del suelo en el Forum de base de la CPA.
5. Organización de un evento científico a nivel de la CPA en articulación con la Universidad de Cienfuegos que posibilite mostrar las experiencias y buenas prácticas logradas para la mejora de la fertilidad del suelo.

Anexo8. Valoración de los expertos.

Para este análisis se utiliza la metodología elaborada por el Comité Estatal para la Ciencia y la Técnica de Rusia, elaborado en 1971, para la determinación de la competencia de los expertos.

Autoevaluación del nivel de conocimiento o información:

Expertos	n									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1								X		
2										X
3										X
4									X	
5								X		
6										X
7								X		
8						X				
10									X	
11						X				
13								X		
15					X					
16										X

Cálculo del coeficiente de conocimiento o información (Kc)

Expertos	$Kc = \frac{n}{10}$
1	0,8
2	1
3	1
4	0,9
5	0,8
6	1
7	0,8
8	0,6
10	0,9
11	0,6
13	0,8
15	0,5
16	1

Autovaloración por los posibles expertos de sus niveles de argumentación o fundamentación sobre el tema a investigar.

Fuentes de argumentación o	Alto	Medio	Bajo

	fundamentación			
1	Su experiencia teórica	1,2,3,4,5,6,10,13	7,8,11,15,16	
2	Su experiencia práctica	1,2,3,4,5,6,7,10,13,15,16	8,11	
3	Bibliografía nacional consultada	2,6,7,8,10,13,16	1,3,4,5,11,15	
4	Bibliografía internacional consultada	2,3,7,10,13,16	1,4,5,6,8,11,15	
5	Su conocimiento del estado del problema	1,2,3,4,6,7,10,13,16	5,8,9,11,15	
6	Su intuición	3	1,2,4,5,6,7,13,15	8,10,16

Cálculo del coeficiente de argumentación (Ka)

	Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
1	Su experiencia teórica	0,30	0,20	0,10
2	Su experiencia práctica	0,50	0,40	0,20
3	Bibliografía nacional consultada	0,5	0,5	0,5
4	Bibliografía internacional consultada	0,5	0,5	0,5
5	Su conocimiento del estado del problema	0,5	0,5	0,5
6	Su intuición	0,5	0,5	0,5

Expertos	$K_a=(n_1+n_2+n_3+n_4+n_5+n_6)$
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	0,9
8	0,8
10	1
11	0,8
13	0,9
15	0,6
16	0,9

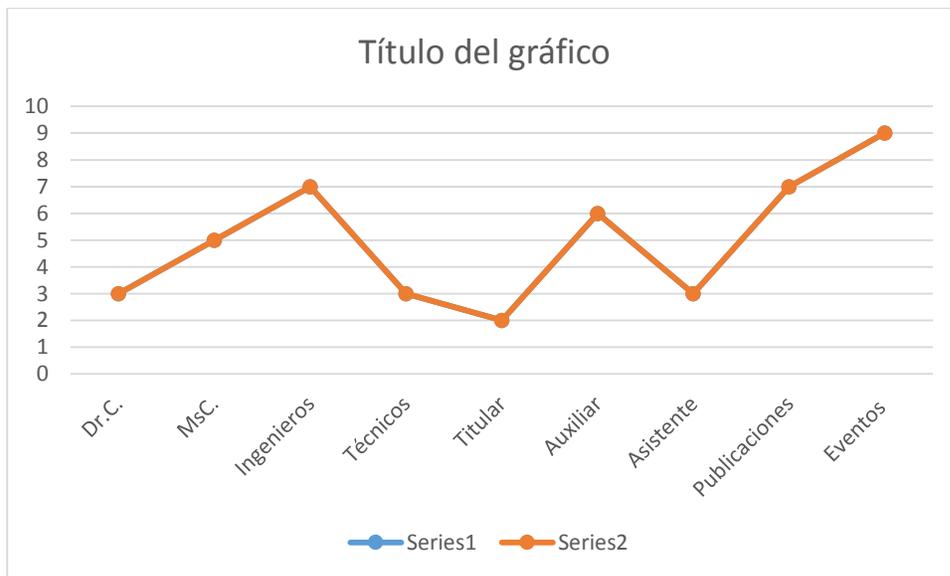
Cálculo del Coeficiente de Competencia (K) y grado de competencia:

	K	Grado de competencia
	$0.8 \leq K < 1.0$	Alto
	$0.5 \leq K < 0.8$	Medio
	$K < 0.5$	Bajo

Expertos	$K=0,5(K_c+K_a)$	GRADO DE
----------	------------------	----------

		COMPETENCIA
1	0,9	ALTO
2	1	ALTO
3	1	ALTO
4	0,95	ALTO
5	0,9	ALTO
6	1	ALTO
7	0,85	ALTO
8	0,7	MEDIO
10	0,95	ALTO
11	0,7	MEDIO
13	0,85	ALTO
15	0,55	MEDIO
16	0,95	ALTO

El autor asume los expertos con grado de competencia alto (10 expertos)



Fuente: elaboración propia

Anexo9. Primer cuestionario aplicado a los expertos

Primera parte

Objetivo. Determinar el nivel de competencia de los expertos seleccionados en la valoración de la Propuesta de alternativas de mejoras de fertilidad de suelos, con énfasis en la Cooperativa de Producción Agropecuaria “Mártires de Barbados” aprovechando recursos propios.

Estimado(a):

Se está realizando una investigación en la Universidad de Cienfuegos, orientada hacia una Propuesta de alternativas de mejoras de fertilidad de suelos, con énfasis en la Cooperativa de Producción Agropecuaria “Mártires de Barbados” aprovechando recursos propios.

La presente tiene como objetivo solicitarle su participación en la valoración de la propuesta que se obtuvo como resultado del proceso investigativo. Sus aportaciones resultarán valiosas. Si desea colaborar, se hace necesario que complete el siguiente formulario. Además, la intención de este cuestionario está dirigida a que usted se autoevalúe como experto. Muchas gracias.

Preguntas:

Graduado de: _____

Categoría académica y/o científica: _____

Categoría docente: _____

Años de experiencia: _____

Número de publicaciones acerca del tema: _____

Eventos en los que ha participado acerca del tema: _____

Expresar el grado de conocimiento que usted tiene acerca de las mejoras de fertilidad de suelos, con énfasis en la Cooperativa de Producción Agropecuaria “Mártires de Barbados” aprovechando recursos propios

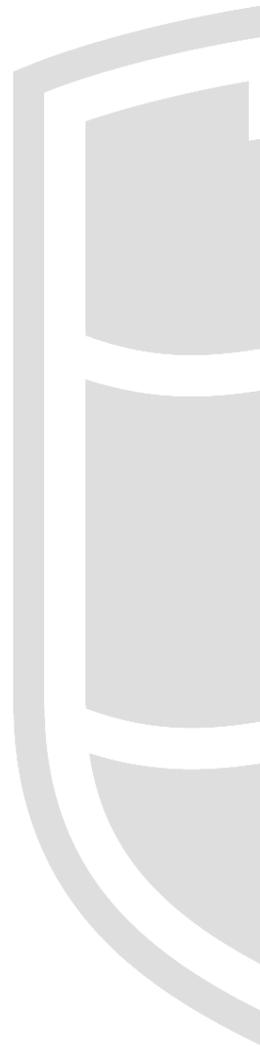
Considere que la escala que le presentamos es ascendente, es decir, el conocimiento acerca del tema referido va incrementándose desde el 0 hasta el 10.

Grado de conocimiento que tiene acerca de:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fertilidad de los suelos.											
Recursos que pueden aplicarse en la mejora de la fertilidad de los suelos											
Presencia de recursos propios de los suelos, de uso agrícola											
Aplicación de abonos orgánicos a los suelos											
Capacitación al personal directo a la producción en el tema.											
Alternativas que den soluciones a problemáticas existentes en la fertilidad de los suelos.											

Argumentación

Fuentes de argumentación.	Alto	Medio	Bajo	Nulo
Dominio de las normativas y políticas sobre el uso de la tierra y el suelo				
Experiencia en la dirección e investigación de la fertilidad de los suelos.				
Publicaciones acerca del tema de investigación.				
Participación en eventos acerca de esta temática.				
Prestigio reconocido como investigador en estos temas.				

Incluya algunos de los aportes que Ud. posee en este campo de investigación



Anexo10. Resultados del procesamiento de las valoraciones de los expertos

Grado de conocimiento que tiene acerca de:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fertilidad de los suelos.	0	0	0	0	0	0	0	1	1	7	1
Recursos que pueden aplicarse en la mejora de la fertilidad de los suelos	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	2
Presencia de recursos propios de los suelos, de uso agrícola	0	0	0	0	0	0	0	2	5	1	2
Aplicación de abonos orgánicos a los suelos	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	2
Capacitación al personal directo a la producción en el tema.	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	1
Alternativas que den soluciones a problemáticas existentes en la fertilidad de los suelos.	0	0	0	0	0	0	1	3	3	2	1

Argumentación

Fuentes de argumentación.	Alto	Medio	Bajo	Nulo
Dominio de las normativas y políticas sobre el uso de la tierra y el suelo	7	3	0	0
Experiencia en la dirección e investigación de la fertilidad de los suelos.	6	4	0	0
Publicaciones acerca del tema de investigación.	7	3	0	0
Participación en eventos acerca de esta temática.	7	3	0	0
Prestigio reconocido como investigador en estos temas.	10	0	0	0

Criterios acerca de las condiciones.

Indicadores (4)- Criterios a valorar	C1	C2	C3	C4	C5
	MA	A	S	PA	I
1.El Objetivo general	8	2	0	0	0
2. El estudio de los antecedentes de la Propuesta de alternativas	7	2	1	0	0
3. La fundamentación de la Propuesta de alternativas	6	3	1	0	0
4. La organización de las líneas base.	8	2	0	0	0

Anexo11. Segundo cuestionario aplicado a los expertos

I. Criterios acerca de las condiciones.

Se le solicita que valore si las condiciones que se les presentan pueden o no constituir el fundamento de la Propuesta de Alternativas que se constituye como resultado de la investigación. Se ha considerado que sus juicios permitirán ajustar la concepción que se defiende como parte del proyecto de investigación asociada a la formación académica del Ingeniero Agrónomo, Gracias.

2.- Realice una lectura de las condiciones que se presentan en el documento anexo y marque con una cruz la elección que considere, según las propuestas: Para ello ubicará en cada una de las preguntas que se le ofrecen a continuación, su valoración:

- Muy Adecuada (MA) - (5)
- Adecuada (A) - (4)
- Satisfactorio (S) - (3)
- Poco adecuada (PA) - (2)
- Inadecuado (I) - (1)

Indicadores (4)- Criterios a valorar	C1	C2	C3	C4	C5
	MA	A	S	PA	I
1.El Objetivo general					
2. El estudio de los antecedentes de la Propuesta de alternativas					
3. La fundamentación de la Propuesta de alternativas					
4. La organización de las líneas base.					

Agradecemos sus recomendaciones.

Emita sus consideraciones acerca de la Propuesta de alternativas

Variables	Criterios a valorar	C1	C2	C3	C4	C5
		MA	A	S	PA	I
<ul style="list-style-type: none"> • Pertinencia: los elementos que conforman la 	1. Correspondencia con el objetivos de la Propuesta de alternativa					
	2. Estructuración y coherencia					

<p>propuesta de alternativas, son oportunos e inciden sobre los aspectos básicos o fundamentales relacionados con la implementación de acciones que contribuyan a la mitigación de los procesos naturales y antrópicos que influyen de forma negativa en la fertilidad de los suelos de uso agrícola.</p>	<p>en el estudio de los antecedentes</p>					
<p>Factibilidad: las alternativas que se proponen son fáciles de aplicar para la mejora de la fertilidad de suelos a nivel de unidad agrícola, tanto por productores como por personal especializado.</p>	<p>3. La coherencia entre la fundamentación</p>					
	<p>4. Conveniencia real de su utilización y de los recursos que requiere para su concreción</p>					
	<p>5. Las potencialidades que tiene la Propuesta de alternativa para la mejora de la gestión del conocimiento</p>					
	<p>6. La correspondencia con las normativas del Ministerio de la Agricultura y con la realidad contextual de la CPA.</p>					
<ul style="list-style-type: none"> • Coherencia: existe 	<p>7. Posibilidad de la implementación de la</p>					

<p>coherencia entre los problemas identificados y las acciones que se proponen como alternativas para la mejora de la fertilidad de suelos en la CPA.</p>	<p>Propuesta de alternativa en la realidad contextual de la CPA.</p>					
	<p>8. La utilidad de la Propuesta de alternativa en la realidad contextual de la CPA.</p>					
<p>Generalización</p>	<p>9. Su concepción para que sea generalizable a otros contextos.</p>					
	<p>10. Extensión del resultado a otros contextos similares.</p>					

Anexo12. Resultados de las consideraciones acerca de la Propuesta de alternativas.

Variables	Criterios a valorar	C1	C2	C3	C4	C5
		MA	A	S	PA	I
Pertinencia	1. Correspondencia con el objetivos de la Propuesta de alternativa	7	2	1	0	0
	2. Estructuración y coherencia en el estudio de los antecedentes	8	1	1	0	0
	3. La coherencia entre la fundamentación	6	2	2	0	0
Factibilidad	4. Conveniencia real de su utilización y de los recursos que requiere para su concreción	7	3	0	0	0
	5. Las potencialidades que tiene la Propuesta de alternativa para la mejora de la gestión del conocimiento	8	1	1	0	0
	6. La correspondencia con las normativas del Ministerio de la Agricultura y con la realidad contextual de la CPA.	9	1	0	0	0
Coherencia	7. Posibilidad de la implementación de la Propuesta de alternativa en la realidad contextual de la CPA.	8	1	1	0	0
	8. La utilidad de la Propuesta de alternativa en la realidad contextual de la CPA.	8	1	1	0	0
Generalización	9. Su concepción para que sea generalizable a otros contextos.	8	1	1	0	0
	10. Extensión del resultado a otros contextos similares.	8	1	1	0	0