

## DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA SOSTENIBILIDAD AGRÍCOLA EN UNA EMPRESA CUBANA

## DIAGNOSIS AND ENHANCEMENT PROPOSALS FOR AGRICULTURAL SUSTAINABILITY IN A CUBAN ENTERPRISE

**Autores:** Ricardo Rodríguez Guzmán<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-2740-1897>

Nevis Rego Martín<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-1480-1813>

Alex Rodríguez Serrano<sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-1167-4954>

**Institución:** <sup>1</sup>Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba

<sup>2</sup>Facturas Rápidas, Ecuador

**Correo electrónico:** [ricardo@unica.cu](mailto:ricardo@unica.cu)

[nevis@unica.cu](mailto:nevis@unica.cu)

[alrod8901@gmail.com](mailto:alrod8901@gmail.com)

### RESUMEN

El cambio climático, los desastres naturales y la Covid-19, causan impactos negativos en la soberanía alimentaria y en la sostenibilidad de las producciones agropecuarias. Los agroecosistemas de la empresa agropecuaria La Cuba, están sometidos a una gran presión para la producción. Por lo tanto, existe la necesidad de incrementar los rendimientos agrícolas y proteger el medio ambiente. El proyecto tuvo el objetivo de contribuir al desarrollo de la producción agrícola sostenible en la empresa de cultivos varios La Cuba. Se desarrolló en los años 2016-2018. Se usó la metodología de investigación en sistemas de producción. Se usaron herramientas de diagnóstico como recorrido de transeptos, entrevistas semi-estructuradas y mediciones. Los principales problemas existentes fueron i) edáficos: baja fertilidad natural y compactación; ii) climáticos: precipitaciones erráticas; iii) bióticos: escasa biodiversidad de cultivos y baja presencia de árboles; iv) de manejo: el suelo se maneja de forma insuficientemente armónica en cuanto a su fertilidad, humedad y los sistemas de cultivos que se establecen. Se propusieron alternativas de soluciones a los principales problemas, que incluyen la adopción de medidas elementales de conservación de suelos, rotación de cultivos de características específicas, empleo

del enfoque 4C de manejo de los fertilizantes, incorporación de materia orgánica al suelo, manejo adecuado del riego, cultivar una mayor variedad de especies de plantas, empleo de variedades bien adaptadas y de alto rendimiento con una calidad nutricional mejorada y resistentes al estrés biótico y abiótico, adopción de prácticas de manejo integrado de plagas.

**Palabras clave:** Agroecosistema, Producción sostenible, Soberanía alimentaria.

## **ABSTRACT**

Climate change, natural disasters and the Covid-19 cause negative impacts on food sovereignty and the sustainability of agricultural production. La Cuba Agricultural Enterprise agroecosystems are under a great production pressure. Therefore there is a need for a yield increase and to protect the environment at the same time. The aim of the project was to contribute to the development of sustainable agricultural production in La Cuba Agricultural Enterprise. It took place between 2016 and 2018. The cropping systems research methodology was used. As diagnostic tools transect walk, semi-estructural interview and a series of measuring were applied. The main problems found were i) edaphic: low soil fertility and soil compactness; ii) climatic: erratic rainfall; biotic: low crop biodiversity and low tree presence; iv) management: inharmonic soil management taking into account its fertility, humidity and the cropping systems that are establish. Solution alternatives to the main problems found were proposed. They include the adoption of elemental measures or soil conservation, crop rotation with plants of specific characteristics, the 4R approach to fertilizer management, the organic matter incorporation to the soil, the adequate irrigation management, the growing of a great variety of crop species, the employment of well adapted and high yielding crop varieties with an enhanced nutritional quality and resistant to biotic and abiotic stress and the adoption of integrated pest management.

**Keywords:** Agroecosystem, Food sovereignty, Sustainable production.

## **INTRODUCCIÓN**

El cambio climático, los desastres naturales y la disminución de los recursos naturales, causan impactos negativos en la sostenibilidad de la producción agrícola, lo cual se agrava en casos de pandemias como la causada por la Covid-19. Los sistemas de cultivos evidenciarán una mayor sensibilidad al cambio climático en el futuro. El predominio de los estudios orientados solamente a la producción agrícola puede minar

el logro de la seguridad alimentaria y otros objetivos de desarrollo sostenibles por lo que Tamburino *et al.* (2020) sugieren fortalecer la investigación interdisciplinaria que mejore la capacidad de adaptación de los sistemas de cultivo al cambio climático.

Cuba, como pequeña isla, es proclive a recibir los impactos negativos del cambio climático. La provincia de Ciego de Ávila, en los últimos años, ha experimentado una sequía agrícola prolongada. Además, sus suelos están sometidos a una degradación moderada pero extendida en casi toda la superficie agrícola con predominio de la compactación y la pérdida de las capas superiores del suelo. Cada vez existe una menor per cápita de tierra cultivable, agua y biodiversidad, lo cual implica un enorme desafío a los agricultores para incrementar la producción de alimentos en agroecosistemas que están bajo una mayor presión (Soltani *et al.*, 2020). Muchos agricultores experimentaron pérdidas en sus rendimientos agropecuarios, mientras que otros tuvieron que gastar más esfuerzo y dinero para mantener sus niveles de producción (Kaimowitz, 2020). No escapan a estas condiciones los agroecosistemas de la empresa agropecuaria La Cuba, por lo que se requiere de una sustancial innovación, experimentación y transformación agrícolas (Oliver *et al.*, 2018).

La Empresa Agropecuaria “La Cuba”, es una empresa de referencia nacional que cuenta con tecnología de riego de punta con máquinas de pivote central y sistemas de riego por goteo, así como una pequeña agroindustria. Posee un ambicioso programa de producción, que debe alcanzar las 2 600 ha para la siembra de frijol y maíz. La empresa tiene asociadas tres cooperativas de producción agropecuaria. El consejo de dirección de la empresa está consciente de la necesidad de incrementar los rendimientos agrícolas conjuntamente con la protección del medio ambiente. Por lo tanto, se conduce el proyecto con el objetivo general de Contribuir al desarrollo de la producción agrícola sostenible en la empresa de cultivos varios “La Cuba”.

Los objetivos específicos planteados fueron:

1. Diagnosticar problemas de la producción agrícola en la empresa agropecuaria “La Cuba
2. Proponer alternativas de solución a los principales problemas diagnosticados

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se desarrolló en la Empresa Agropecuaria La Cuba entre los años 2017 y 2021. La empresa está ubicada en 23.0 ° LN y 74.9 ° LW a una altitud de 27

msnm, en una zona de clima tropical semi-árido. Se seleccionó la Unidad Empresarial de Base (UEB) cuatro debido a que se dedica a la producción de cultivos temporales y es la de mayor diversidad de cultivos de la empresa.

Para ejecutar el proyecto se usó la metodología de investigación en sistemas de producción (CATIE, 1986) a partir de las siguientes etapas:

- 1 Diagnóstico de la producción agrícola
  - 1.1 Recopilación de información acerca de la producción agrícola
  - 1.2 Síntesis de los factores limitantes de la producción agrícola
- 2 Diseño de patrones de producción alternativos
  - 2.1 Propuesta de alternativas de solución a los principales factores limitantes de la producción agrícola

A continuación, se describe el trabajo en cada una de las etapas.

1. Diagnóstico de la producción agrícola
  - 1.1 Recopilación de información acerca de la producción agrícola

Se usaron herramientas de diagnóstico como recorrido de transeptos, entrevistas, mapas, que han sido propuestas por FAO (2000).

Se realizaron entrevistas informales a los jefes de finca, al director de la Unidad Empresarial de base cuatro, al técnico de sanidad vegetal de la empresa, al técnico de suelos y fertilizantes de la UEB 4 y al especialista de suelos y fertilizantes de la empresa. Se realizaron entrevistas semi-estructuradas a los jefes de finca por medio de los estudiantes en su práctica laboral-investigativa en la que se incluyeron los indicadores seleccionados por FAO (2000). Se obtuvo información del director de la empresa en varias entrevistas y en conferencias ante el consejo científico de la UNICA.

Se obtuvo del departamento de suelos del MINAGRI el perfil típico con la descripción del tipo de suelo. Se realizaron varios recorridos de transepto por un camino vecinal desde la CPA 26 de julio hasta el lindero con la finca "Tres Marías". Durante los recorridos se realizaron observaciones visuales a los agroecosistemas y se tomaron fotografías. Se realizaron mediciones de la densidad de población y otros indicadores a los cultivos.

- 1.2 Síntesis de los factores limitantes de la producción agrícola

En esta etapa se realizó una síntesis de los principales factores limitantes encontrados durante la investigación para proponer alternativas en la siguiente etapa.

## 2 Diseño de patrones de producción alternativos

### 2.1 Propuesta de alternativas de solución a los principales factores limitantes de la producción agrícola

Esta etapa se diseñó a partir del resultado obtenido en el diagnóstico.

Se realizó un grupo de propuestas de alternativas de solución a los principales problemas a la luz de los conocimientos agronómicos actuales. Se utilizó el método general de solución de problemas no estructurados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3 Diagnóstico de la producción agrícola

#### 3.1 Recopilación de información acerca de la producción agrícola

##### Caracterización del suelo

La UEB posee 426 ha de tierra. El suelo que predomina en el área de estudio es Ferralítico Rojo Compactado (Hernández *et al.*, 2019). Sus características son las siguientes:

Agrupamiento: Ferralítico, Tipo: Ferralítico Rojo, Subtipo: Compactado, Género: Caliza Dura – Saturado, Especie: Profundo, medianamente humificado, Erosión: baja, Profundidad: > 150 cm, Profundidad efectiva: > 30 cm, Textura: Arcillosa en todas las profundidades. Mineral predominante: caolinita, Porosidad: Poroso en todas las profundidades, Pendiente: < 0.5 %. Propiedades Mecánicas: Consistencia dura en todas sus profundidades. Plasticidad: ligeramente plástico. Límite superior de plasticidad: 62,6. Recursos hídricos: agua subterránea. Materia orgánica: 2.79 % en el horizonte A y menos de 2 % en los horizontes B<sub>1</sub>, B<sub>21</sub>, B<sub>22</sub>

Contenido de nutrientes: P<sub>205</sub> - 10,33 mg/100g (bajo), K<sub>20</sub> – 16,66 mg/100g (alto).

Son suelos profundos de color rojo intenso, se caracterizan por ser arcillosos permeables, con una formación de minerales de tipo 1:1, su consistencia al estado seco es dura y en estado húmedo es plástica, buen drenaje y bajo contenido de materia orgánica, pero son suelos muy productivos, cuyos factores limitantes son la compactación y la baja fertilidad natural.

Posee una acumulación relativa en arcilla y sesquióxidos en la parte media del perfil, lo que le confiere cierto endurecimiento. Presentan una estructura poliédrica bien definida con fases lisas y brillosas.

### Preparación de suelos

Para la preparación de suelos se usan arados y gradas de discos, los cuales invierten el prisma, solarizan el suelo y causan una disminución importante en la abundancia y composición de la población de los microorganismos del suelo. La importancia de la biota del suelo para el crecimiento de las plantas ha sido demostrada por Yang *et al.* (2018).

### Fertilización

En la empresa no existen cartogramas agroquímicos actualizados. La fertilización se realiza sin tomar en cuenta los contenidos de fósforo y potasio en el suelo. La aplicación fraccionada del nitrógeno en las áreas donde no existe fertirrigación se realiza en la superficie del suelo sin cubrir el fertilizante con suelo ni regar inmediatamente.

### *Riego*

La UEB cuenta con ocho máquinas de riego de pivote central eléctricas. Existen áreas de las cooperativas de producción agropecuarias “26 de julio” y “Revolución de octubre” que tienen un sistema de riego por gravedad al igual que otras áreas de la empresa dedicadas principalmente al cultivo del plátano y bananos.

Recientemente en Cuba, el evento climático que más ha afectado al sector agrario es la sequía. En la empresa agropecuaria La Cuba las precipitaciones han sido escasas en el periodo seco (diciembre- 0 mm; enero- 8 mm; febrero- 11 mm; marzo- 17 mm) según las mediciones de los pluviómetros instalados (Blanco, 2018).

### *Cultivos*

La UEB 4 cultiva hortalizas, frutales no arbóreos, granos, plátano, raíces y tubérculos. Los cultivos que ocupaban la mayor cantidad de área en febrero de 2016 eran el plátano (*Musa sp.*, L., 78 ha), fruta bomba (*Carica papaya*, L., 45 ha), frijol (*Phaseolus vulgaris*, L., 30 ha), col (*Brassica oleracea*, L., 23 ha), tomate (*Solanum lycopersicon*, L., 21 ha) y boniato (*Ipomoea batatas*, L., 15 ha). En cada campo de cultivo sólo se observó la presencia de una especie cultivada.

En la granja se encontró la existencia de cultivos con bajas densidades de población como por ejemplo la zanahoria (*Daucus carota*, L.) con un área total de 4 ha sembrada en la finca el Monte (Tabla 1) con una densidad de 60 % y la remolacha (*Beta vulgaris*, L.) en esa propia finca.

Tabla 1. Distancias de siembra y densidad de población en zanahoria (*Daucus carota*, L.) en la finca «El Monte» en el año 2017.

	Real	Recomendada (Pérez y Figueredo, 2009)
Distancia media entre hileras (m)	0.48±0.03	0.40
Distancia media entre plantas (m)	0.07±0.01	0.05
Densidad de población media (plantas/ha)	297 619	500 000

Existen pocas variedades de los cultivos principales que se siembran en la empresa, hay afectaciones de *Thrips palmi* en frijol en las siembras de enero lo cual ocasiona bajos rendimientos del maíz (*Zea mayz*, L.) y el frijol (Blanco, 2018). Además, existen pérdidas al cosechar de forma mecanizada el cultivo del frijol debidas a baja altura de las vainas más cercanas al suelo. La resiliencia de los agroecosistemas puede incrementarse con el uso de germoplasma diverso (Mulumba *et al.* 2012).

### *Síntesis de los problemas encontrados para la producción agrícola sostenible*

#### Suelos

Factores limitantes: Baja fertilidad natural y compactación

En la preparación de suelos se usan arados y gradas de discos que invierten el prisma, lo cual puede causar erosión del suelo y disminución en la abundancia y composición de la población de los microorganismos del suelo.

No existen cartogramas agroquímicos actualizados. La fertilización se realiza sin tomar en cuenta los contenidos de fósforo, potasio y materia orgánica en el suelo.

La aplicación fraccionada del nitrógeno en las áreas donde no existe fertirrigación se realiza en la superficie del suelo sin cubrir el fertilizante con suelo ni regar inmediatamente. El estiércol de los animales no se usa en ninguna finca. Escaso uso de leguminosas en la mayoría de las UEB.

#### Humedad

- El agua que corre por el suelo cuando llueve tiene apariencia turbia
- Las precipitaciones han sido erráticas en los últimos años



- El riego se realiza con intervalos fijos sin importar la especie ni la fase fenológica del cultivo

## Cultivos

### SISTEMAS DE CULTIVOS

- Existe concentración de familias y especies de cultivos en determinadas áreas de producción i.e. bananos, frijol, maíz, lo que puede provocar alta incidencia de plagas y desbalance de nutrientes en el suelo
- En cada campo de cultivo sólo se observa la presencia de una especie cultivada. No se emplean los sistemas de cultivos múltiples
- En la UEB cuatro existen cultivos con bajas densidades de población
- En las fincas no hay arboledas ni bosques, sólo en una finca existen árboles aislados. Se debe tener presente el efecto del viento: vientos fuertes, pueden ocasionar severos daños a los cultivos y vientos secos provocan un incremento en la transpiración que afecta el desarrollo de las plantas.

### ARVENSES

- Para el control de arvenses se hacen dos labores de cultivo después de la siembra en el 60 % de las fincas, se aplica herbicida en el 80 % de las fincas y se guataquea en el 80 % de las fincas
- Existen poblaciones de arvenses en los realengos y áreas sin cultivar, que pueden servir de reservorio a plagas.

### COSECHA

- Los rendimientos más malos ocurren en el cultivo del boniato
- Hay riesgo de hurto de productos agrícolas en los campos
- Existen pérdidas al cosechar de forma mecanizada el cultivo del frijol debidas a baja altura de las vainas más cercanas al suelo

### 3.2. Propuesta de alternativas de solución a los principales factores limitantes de la producción agrícola

En primer lugar, Durán *et al.* (2013) plantean que, no existe una solución óptima para todos los criterios considerados, sino que existen soluciones satisficentes o de compromiso entre los diferentes valores e intereses. Precisamente un error común en tesis o instructivos técnicos es que al final las conclusiones o recomendaciones se dirigen solamente al mejor tratamiento, como si fuera una panacea universal y no



toman en cuenta otros tratamientos, menos efectivos o eficientes, pero propios para condiciones particulares de las unidades agrícolas. A continuación, se proponen varias alternativas:

- Reducir al mínimo la alteración del suelo mediante la minimización de la labranza mecánica para conservar la materia orgánica, la estructura y la salud general del suelo.
- Martínez, Osuna y Espinosa (2019) explican los beneficios de la agricultura de conservación para mejorar la calidad del suelo y los rendimientos del cultivo. Esa alternativa se puede implementar en la empresa a mediano o largo plazo pues se necesita realizar inversiones en implementos agrícolas nuevos y adecuados para dichas labores.
- Preparación adecuada y oportuna del suelo para incorporar materia orgánica, almacenar agua, reducir la incidencia de plagas y aumentar la producción con menos gastos en insumos externos.
- Adopción de medidas elementales de conservación de suelos, como mantener el suelo cubierto durante todo el año, con el propósito de disminuir los gastos de fertilizantes y “aumentar la productividad de la tierra”. La cobertura del suelo puede ser con cultivos de cualquier especie, en su fase de desarrollo o con la biomasa resultante, los rastrojos, con el objetivo de protegerlo del impacto de la gota de la lluvia, del exceso de insolación, de la acción de los vientos y para mantener o mejorar sus características físicas, químicas y biológicas (IS-FAO, 2015).
- Empleo en la rotación de especies de cultivos con un sistema radical pivotante que sean capaces de extraer de las capas más profundas del suelo la humedad y los nutrientes y reciclarlos a las capas menos profundas; adicionalmente esas especies contribuyen a mejorar las propiedades físicas al penetrar con sus raíces el horizonte compactado del suelo y contribuyen a la disminución del pH en la rizosfera.
- Rotación con leguminosas previamente inoculadas para disminuir gastos de fertilizantes nitrogenados, que son caros y escasos. Colocación de la yuca al final de la secuencia de cultivos para aprovechar el efecto residual de los fertilizantes fosfóricos y potásicos (Rodríguez *et al.*, 2016).
- Las buenas prácticas agrícolas en cualquier sistema de cultivos incluyen la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en cantidades, aplicaciones y

métodos adecuados a las necesidades agronómicas y ambientales. Un ejemplo es la gestión de la cantidad de nutrientes que reciben las plantas para reducir la reproducción de los insectos. En el caso de la empresa se debe hacer énfasis en la aplicación del fertilizante mineral en el suelo al lado y por debajo de la mayor distribución de las raíces de los cultivos; además, se debe regar inmediatamente después de fertilizar para disminuir las pérdidas por volatilización y promover la disolución de las partículas sólidas de fertilizante en la solución del suelo para que puedan ser absorbidos por las plantas. Se deben usar enfoques de precisión como la aplicación de urea en profundidad a unos 7-10 cm por debajo de la superficie del suelo que duplica el porcentaje de nitrógeno absorbido por las plantas, reduce el N que se pierde al ser transmitido al aire y al agua superficial de escorrentía y ha producido incrementos del rendimiento (FAO, 2011). La aplicación de materia orgánica mejora las propiedades del suelo y aumenta los rendimientos de los cultivos (Lal, 2020). Las decisiones sobre el manejo de nutrientes necesitan considerar numerosos factores específicos del lugar donde está localizado el cultivo, las propias características del cultivo y del suelo, el clima y la tecnología disponible (Havlin, 2020). Como precisan Etchevers *et al.* (2014) el primer paso es conocer cómo funciona el sistema de producción; proponen que lo primero es realizar un diagnóstico de campo, que permite identificar la intensidad en que se encuentran presentes los componentes del sistema, sus factores asociados y la manera de cómo éstos afectan el desarrollo del cultivo y la producción.

- Uso de abonos verdes, abonos orgánicos procesados y residuos de cosecha para disminuir la cantidad de fertilizantes minerales y para que estos, cuando sea necesario aplicarlos, sean más eficientes (Kassam *et al.*, 2013).
- Los suelos ricos en biota y materia orgánica constituyen la base de una mayor productividad agrícola. Los mejores rendimientos se consiguen cuando los nutrientes proceden de una combinación de fertilizantes minerales y fuentes naturales, como el estiércol o los cultivos y árboles fijadores de nitrógeno (FAO, 2011). Los biofertilizantes son una alternativa para incrementar la producción de los cultivos y la fertilidad del suelo (Itelima *et al.*, 2018; Goswami y Deka, 2020).
- El riego de precisión basado en los conocimientos mediante el que se suministra agua de manera fiable y flexible, junto con el riego deficitario y la reutilización de las

aguas residuales, constituirá una importante plataforma para la intensificación sostenible (FAO, 2011).

- Cultivar una mayor variedad de especies de plantas, tanto perennes como anuales, en asociaciones, secuencias y rotaciones en las que se pueden incluir árboles, arbustos, pastos y cultivos para mejorar la nutrición de los cultivos y mejorar la resiliencia del sistema. Incrementar el apoyo prestado a la recogida, la conservación y la utilización de los recursos fitogenéticos (FAO, 2011). Es importante incrementar la agrobiodiversidad mediante estrategias de innovación que promuevan incremento de los rendimientos y de la sostenibilidad a largo plazo (Gangopadhyay, Agrawal, y Gowthami, 2021).
- Empleo de variedades bien adaptadas y de alto rendimiento con una calidad nutricional mejorada y resistente al estrés biótico y abiótico. Adopción de técnicas de siembra adecuadas en cuanto a época, profundidad y densidad, con el propósito de aumentar rendimientos por superficie y reducir costos unitarios de producción. Rotación de cultivos para eliminar los patógenos (FAO, 2011). Para cumplir los objetivos de desarrollo sostenible hasta el año 2030, específicamente el objetivo 15 referido a la protección de la vida en la tierra, se enfatiza en la importancia de los árboles, del uso y manejo sostenible de los ecosistemas terrestres, del suelo y de la biodiversidad (FAO, 2015). El empleo de árboles cumple diversas funciones como son la delimitación del territorio de la unidad de producción, barreras rompevientos, albergue de especies faunísticas, producción de madera, leña y atractivos paisajísticos. Adicionalmente ayudan en el control de la erosión y proporcionan alimentos en el caso de los frutales (Barrios et al., 2018).
- Manejo integrado de malezas poniendo más énfasis en las eficaces medidas de prevención, entre ellas su eliminación temprana, con el fin de romper su ciclo vegetativo (no permitir que produzcan semillas), la labranza mínima y el uso de los residuos de superficie (FAO, 2011).
- Adopción de prácticas de manejo integrado de plagas empleando prácticas adecuadas, biodiversidad y plaguicidas selectivos y de bajo riesgo cuando sea necesario.

Moreno (1985) distinguió tres enfoques básicos para diseñar mejores opciones de producción. El primer método consiste en modificar sólo algún aspecto del sistema,

ya sea alguna práctica cultural, el genotipo de algún cultivo, un arreglo espacial u otros. El segundo enfoque consiste en remplazar las especies de la comunidad vegetal por otras que cumplan la misma función dentro del sistema agrícola pero que tengan valor agronómico para lograr un agroecosistema relativamente estable en el ambiente y que aproveche al máximo los recursos naturales. El tercer enfoque requiere conocimientos muy completos sobre el agroecosistema para diseñar los sistemas agrícolas; se eligen en primera instancia los componentes y luego su arreglo espacial y cronológico. La empresa agropecuaria puede seleccionar cualquiera de esos enfoques. Sin embargo, en la práctica casi siempre se usa una combinación de los tres enfoques.

## CONCLUSIONES

En la Empresa Agropecuaria La Cuba los principales problemas que existen se relacionan con los factores i) edáficos: baja fertilidad natural y compactación; ii) climáticos: precipitaciones erráticas; iii) bióticos: escasa biodiversidad de cultivos y baja presencia de árboles; iv) de manejo: el suelo se maneja de forma insuficientemente armónica en cuanto a su fertilidad, humedad y los sistemas de cultivos que se establecen.

Se propusieron alternativas de soluciones a los principales problemas encontrados y un ejemplo de sistema de cultivos sobre bases sostenibles que toma en cuenta la asociación de cultivos esquilmanes y aportadores de nutrientes, la conservación del suelo, la disminución de los daños causados por plagas, el uso de variedades de ciclo corto, el empleo de cultivos de varios grupos (granos, hortalizas, raíces y tubérculos) la estructura del sistema radical y de la parte aérea de las plantas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRIOS, Edmundo...[et al.] (2018). Contribution of trees to the conservation of biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*. Vol. 14, No. 1, p. 1-16.
- BLANCO, Carlos (2018). Entrevista a Carlos Blanco Sánchez, director de la Empresa Agropecuaria “La Cuba”, Ciego de Ávila, 27 de marzo de 2018.

- CATIE (1986). El diseño de alternativas tecnológicas en la investigación de sistemas de fincas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Informe técnico 91. Turrialba, Costa Rica.
- DURÁN, R. ...[et al.] (2013). Análisis económico y valuación de efectos ambientales de los sistemas de labranza. Ciencia y experiencia para una siembra directa sustentable en los ambientes frágiles del S y SO Bonaerense. Argentina, Ed. J. A. Galantini.
- ETCHEVERS BARRA, Jorge ... [et al.] (2014). ¿Por qué hay confusión en la interpretación de los análisis químicos de suelos en México?, *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica, versión Cono sur*. No. 14, p. 9-13.
- FAO (2000). Guidelines for participatory diagnosis of constraints and opportunities for soil and plant nutrient management. AGL/MISC/30/2000. FAO Land and Water Division, Rome.
- FAO (2011). Ahorrar para crecer. Food and Agriculture Organization, Rome.
- FAO (2015). FAO and the 17 sustainable development goals. FAO, Rome.
- GANGOPADHYAY, K. K., AGRAWAL, A. y GOWTHAMI, R. (2021). Innovations on Agrobiodiversity for Sustainable Agriculture in India. En *Innovations in Agriculture for a Self-Reliant India*. CRC Press. p. 69-82.
- GOSWAMI, M. y DEKA, S. (2020). Plant growth-promoting rhizobacteria—alleviators of abiotic stresses in soil: A review. *Pedosphere*. Vol. 30, No. 1, pp. 40-61. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(19\)60839-8](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(19)60839-8). Visitado: 20 de abril de 2022.
- HAVLIN, John L. (2020). Soil: Fertility and nutrient management. En: *Landscape and land capacity*. CRC Press. p. 251-265.
- HERNÁNDEZ, Alberto ...[et al.] (2019). La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*. Vol. 40, No. 1, a15-e15.
- IS-FAO (2015). Manual de agricultura de conservación. Instituto de Suelos-FAO, Roma, 55 pp.
- ITELIMA, J. U. ...[et al.] (2018). Bio-fertilizers as key player in enhancing soil fertility and crop productivity: A Review. *Direct Research Journal of Agriculture and Food Science*. Vol. 6, No. 3, pp. 73-83. Disponible en: <https://doi.org/10.26765/DRJAFS.2018.4815>. Visitado: 10 de mayo de 2022.

- KAIMOWITZ, Daniel (2020). Pobreza rural y medio ambiente en América Latina y el Caribe. Serie 2030 - Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe, No 35. Santiago de Chile. FAO. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/ca8607es>. Visitado: 10 de mayo de 2022.
- KASSAM, A. ...[et al.] (2013). Sustainable Soil Management Is More than What and How Crops Are Grown. In: Principles of Sustainable Soil Management in Agroecosystems, Chapter 14. R. Lal and B. A. Stewart, eds. CRC Press, Boca Raton.
- LAL, Rattan (2020). Soil organic matter content and crop yield. *Journal of Soil and Water Conservation*. Vol. 75, No. 2, 27A-32A. Disponible en: <https://doi.org/10.2489/jswc.75.2.27A>. Visitado: 10 de mayo de 2022.
- MARTÍNEZ, Miguel, OSUNA, Esteban, y ESPINOSA, Martín (2019). Impacto acumulado de la agricultura de conservación en propiedades del suelo y rendimiento de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 10, No. 4, pp. 765-778.
- MORENO, R. (1985). Diseño de opciones tecnológicas para mejorar sistemas de producción de pequeños agricultores. En: Conceptos metodológicos sobre investigación y desarrollo de tecnología para sistemas de producción de cultivos. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Vol. I, p. 17-33.
- MULUMBA, J. W. ... [et al.] (2012). A risk-minimizing argument for traditional crop varietal diversity use to reduce pest and disease damage in agricultural ecosystems of Uganda. *Agriculture ecosystems and environment*. No. 157, pp. 70–86. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.02.012>. Visitado: 10 de mayo de 2022.
- OLIVER, T.H. ...[et al.] (2018). Overcoming undesirable resilience in the global food system. *Glob. Sustain*. No. 1 (e9), p. 1–9.
- RODRÍGUEZ, Ricardo, HERRERA, Jorge, y HERRERA, José (2016). Fertilización fosfórica y potásica de la yuca (*Manihot sculenta*, Crantz) en rotación de cultivos. *Universidad & ciencia*. Vol. 5, No. 2. pp. 1-12.
- SOLTANI, A. ... [et al.] (2020). Modeling plant production at country level as affected by availability and productivity of land and water. *Agric. Syst*. No. 183, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agry.2020.102859>. Visitado: 10 de mayo de 2022.

- TAMBURINO, Lucia ...[et al.] (2020). From population to production: 50 years of scientific literature on how to feed the world. *Global food security*. 24, approx. 8 p. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100346>. Visitado: 10 de mayo de 2022.
- YANG, G. ...[et al.] (2018). How Soil Biota Drive Ecosystem Stability. *Trends in plant science*. Vol. 23, No. 12, approx. 11 p. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.09.007>. Visitado: 25 de septiembre de 2022.