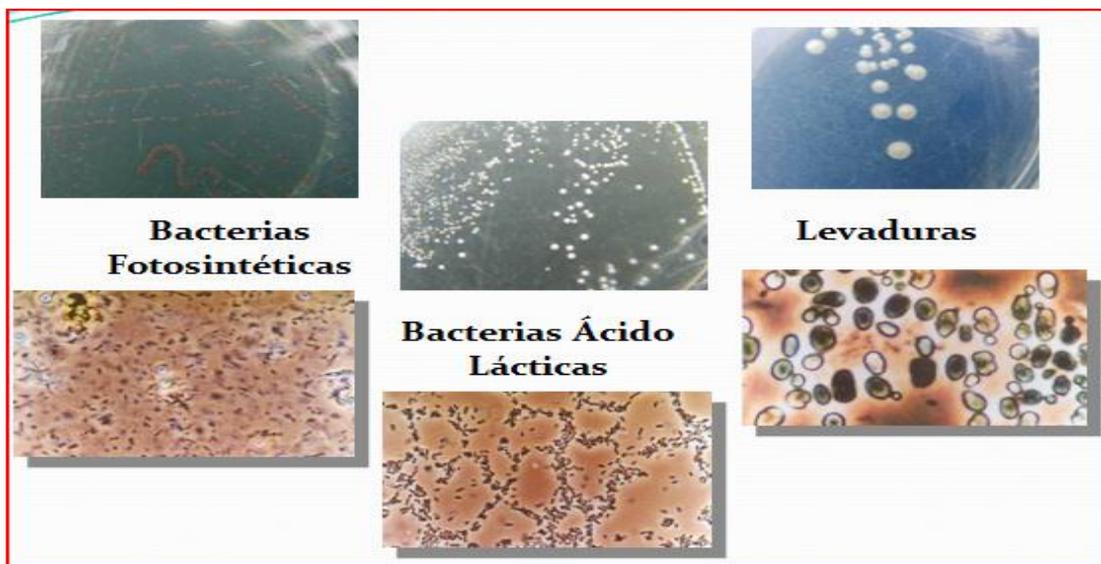


**Trabajo de Diploma para optar por el título académico de Ingeniero Agrónomo**



**Título: Efecto de dos biopreparados a base de microorganismos eficientes sobre el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*.L.) en Aguada de Pasajeros.**

**Autora: Claudia García Machado**

**Tutores: Ing. Javier González Ramírez.**

**MSc. José Ramón Mesa**

**Cienfuegos, 2016**

**“Año 58 de la Revolución”**

## PENSAMIENTO



***...El único camino abierto a la prosperidad constante y fácil es el de conocer, cultivar y aprovechar los elementos inagotables e infatigables de la naturaleza....***

***José Martí***

## **Agradecimientos**

*A mi mamá Tania Machado Suárez, a mi papá Jesús E. García Alemán y a mi tía Mariela B. Machado Suárez por todo el esfuerzo que realizaron para la culminación de mis estudios.*

*A mis tutores Ing. Javier González Ramírez y MSc. José Ramón Mesa por sus esfuerzos y haber hecho posible este trabajo.*

*Al productor de la finca Armando Padrón Almeida donde se realizó el estudio.*

*A todas aquellas personas que de una forma u otra colaboraron en la realización de este trabajo.*

*Muchas Gracias*

## **Dedicatoria**

*Dedico esta tesis a la memoria de mi padre Jesús E. García Alemán, a mi madre Tania Machado Suárez y a mi tía Mariela B. Machado Suárez ,quienes con palabras y ejemplo me ayudaron y guiaron por los mejores caminos, por el camino del estudio, por sus consejos, su apoyo y su granamor y dedicación.*

# Índice

**Resumen.**

**Abstract**

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
Problema Científico .....	3
Hipótesis.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos específicos.....	3
<b>Capítulo I: Revisión Bibliográfica. ....</b>	<b>5</b>
I.1. Los Microorganismos Eficientes (EM). Generalidades.....	5
I.1.2 Surgimiento de los EM.....	5
I.1.3 Principales microorganismos componentes de los EM.....	6
I.1.4 Coexistencia de los EM. ....	7
I.1.5 Mecanismo de acción .....	8
I.1.6 Implementación internacional de Microorganismos Eficientes (EM).....	8
I.1.7 Implementación de Microorganismos Eficientes (EM) en Cuba. ....	9
I.1.8 Utilización de microorganismos eficientes en la agricultura.....	11
I.1.9 Ventajas del uso de los EM.....	14
I.2 Caracterización del clima y el suelo .....	15
I.2.1 Ecología del frijol.....	15
I.2.2 Origen del frijol común.....	16
I.2.3 Domesticación y distribución en el mundo del frijol.....	16
I.2.4 Introducción y distribución en Cuba del frijol.....	17
I.2.5 Clasificación taxonómica del frijol.....	18

I.2.6 Morfología del frijol.....	19
<b>Capítulo II: Materiales y Métodos.....</b>	<b>25</b>
II.1 Evaluación del efecto de ME-50 y ME-UCF, sobre los indicadores morfológicos y el rendimiento agrícola en el cultivo del frijol.....	26
II.2 Incidencia de enfermedades.....	27
II.3 Determinación de la viabilidad económica de las alternativas en estudio.. ..	28
<b>Capítulo III: Resultados y Discusión.....</b>	<b>29</b>
III.1. Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre los indicadores morfológicos y el rendimiento agrícola en el cultivo del frijol.....	29
III.1.1 Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre la altura de las plantas.....	29
III.1.2 Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre el número de flores y el número de vainas por planta.....	30
III.1.3 Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre la longitud de las vainas .....	31
III.1.4 Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre el número de granos por vainas.....	32
III.1.5 Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre el peso de 100 granos.....	34
III.1.6 Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre el rendimiento de las plantas.....	35
II.2 Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre la incidencia de enfermedades.....	36
III.3 Viabilidad económica del efecto de ME-50 y ME-UCF en las parcelas.....	38
<b>Conclusiones.....</b>	<b>40</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>41</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>49</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>42</b>

## Resumen

El estudio se desarrolló en la finca “Los Almeidas”, municipio Aguada de Pasajeros, provincia Cienfuegos, sobre un suelo Ferralítico Amarillento Típico (IV A), durante el período de septiembre del 2015 a febrero de 2016, con el objetivo de evaluar el efecto de dos biopreparados a base de microorganismos eficiente (ME-50 y ME-UCF) sobre el cultivo de frijol, variedad CUL 156. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro réplicas de 25 plantas por parcela experimental, con un área total de 960 m<sup>2</sup>. Se asperjaron el área foliar y el suelo en la periferia de la planta con los biopreparados, a dosis de 7y 10 L.ha<sup>-1</sup> en tres aplicaciones, con un intervalo de 10 días, a partir de los 10 días de la germinación. Se evaluaron indicadores morfológicos y del rendimiento y se realizó la valoración económica del experimento. Al analizar los indicadores morfológicos y el rendimiento agrícola, se determinó que todos los tratamientos evaluados, superaron estadísticamente al testigo, lo que demuestra la factibilidad del empleo de ambos biopreparados. El tratamiento ME-50 a dosis de 10 L.ha<sup>-1</sup>, resultó el mejor, seguido por ME-50 a 7 L.ha<sup>-1</sup> y ME-UCF a 10 L.ha<sup>-1</sup>. En todos los tratamientos con microorganismos eficientes evaluados, se redujo la distribución de *Fusarium* sp y *Rizoctonia solani* L., mientras que en el testigo, se observó un incremento. Al determinar la viabilidad económica, todos los tratamientos evaluados superaron el testigo y ME-50 a la dosis de 10 L.ha<sup>-1</sup>, resultó el mejor.

Palabras claves: Frijol; Bioproductos; Rendimiento.

**Abstract:**

The study was conducted at the "Los Almeidas" Aguada municipality Passenger, Cienfuegos province on a Ferralitic Yellowish Characteristic (IV A), during the period September 2015 to February 2016, with the objective of evaluating the effect of two Bioproducts based on efficient microorganisms (ME-50 and ME-UCF) on bean crop, variety CUL 156. An experimental randomized block design was used with five treatments and four replicates of 25 plants per experimental plot with a total area of 960 m<sup>2</sup>. Leaf area and soil on the periphery of the plant with Biopharmaceuticals, at doses of 7 and 10 l.ha<sup>-1</sup> in three applications, with an interval of 10 days from 10 days of germination were sprayed. Morphological and performance indicators were evaluated and the economic valuation of the experiment was performed. In analyzing the morphological and agricultural performance indicators, it was determined that all treatments evaluated statistically outperformed the control, demonstrating the feasibility of using both Biopharmaceuticals. The ME-50 treatment at doses of 10 L.ha<sup>-1</sup>, was the best, followed by ME-50 at 7 L.ha<sup>-1</sup> and ME-UCF 10 L.ha<sup>-1</sup>. In all treatments with effective microorganisms evaluated, *Fusarium sp* and *Rhizoctonia solani* L. distribution dropped while in the control, an increase was observed. In determining the economic viability, all treatments evaluated beat the witness and ME-50 at the dose of 10 l.ha<sup>-1</sup>, was the best.

Keywords: Beans, bio-products, agricultural yield.

## Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*. L.) resulta ser una de las leguminosas más importante para el consumo humano a escala mundial ya que presenta un alto contenido de proteínas, vitaminas, fibra dietética y minerales indispensables para el organismo humano (FAO, 2011). La producción total del frijol en el mundo excede las 23 millones de toneladas métricas, de los cuales siete se producen en América Latina y África (Broughton et al.,2003). En Cuba se cultivan aproximadamente 52 000 ha<sup>-1</sup> de frijol, sin incluir las áreas dedicadas al autoabastecimiento, la producción estatal solamente cubre el 5 % de la demanda, lo que exige la importación de 120 000 t anuales de este grano, equivalente a 40 millones de dólares (ONEI, 2015).

Según ONEI (2015), la producción de frijol en Cienfuegos en el año 2014, alcanzó la cifra de 5800 t, correspondiendo el 91,3 % al sector no estatal, con una superficie cosechada de 4980 ha<sup>-1</sup>, un rendimiento agrícola nacional de 1,17t.ha<sup>-1</sup>, en Cienfuegos de 1,1t.ha<sup>-1</sup>y en Aguada de 0,9 t.ha<sup>-1</sup>, motivado fundamentalmente por problemas de manejo y la pérdida de la fertilidad 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. 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 la tierra, sino el manejo inadecuado de estos. (Sánchez et al., 2011).

De acuerdo con datos del Instituto de Suelos (2006), el 69,6% de los suelos cubanos, tienen bajo contenido de MO y el 43,3% presentan una erosión de fuerte a mediana, lo cual limita su productividad, por lo que resulta importante adoptar alternativas para acometer de forma gradual acciones que minimicen y brinden soluciones a corto, mediano y largo plazo a estos procesos degradativos.

Entre estas medidas se encuentran el aporte de fuentes de abonos orgánicos, la adopción de prácticas agroecológicas como las rotaciones de cultivo y la implementación de diferentes tipos de biofertilizantes (Carvajal, 2015). Otra de las

tecnologías utilizadas en el manejo y conservación de los suelos en el mundo es la de los microorganismos eficientes, benéficos o efectivos.

El concepto y la tecnología de los microorganismos eficientes (EM por sus siglas en Inglés), fueron desarrollados por el Profesor Dr. Teruo Higa, en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón (Coutinho, 2011).

Según este autor, el principio fundamental de la tecnología consiste en introducir en el suelo, un grupo de microorganismos benéficos para mejorar la condición de los suelos, logrando, a través de ellos, mejorar la eficacia en la utilización de la materia orgánica.

Este biopreparado asocia cuatro grupos principales de microorganismos: bacterias fototrópicas, bacterias productoras de ácido láctico, levaduras y hongos de fermentación (Higa, 2013; Melgar et al., 2013), cuya combinación desarrolla una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos.

Los EM pueden utilizarse como inoculantes del suelo para reconstruir su equilibrio biológico, mejorar la asimilación de nutrientes para que estén de esta manera disponibles, suprimir microorganismos patógenos indeseables por “exclusión competitiva o dominación absoluta” y de esta manera favorecer el crecimiento, rendimiento y protección de las plantas de cultivo (Fernández- Larrea, 2013).

Esta tecnología ha sido ampliamente estudiada en numerosos países, entre ellos Cuba, donde se han realizado trabajos para producción, aplicación y generalización en diversos cultivos y otras actividades como la producción animal y su empleo en actividades domésticas y de servicio a instalaciones turísticas entre otras por autores como Terry, Leyva y Hernández (2005); Rodríguez et al. (2013), así como también en el tratamiento de residuos orgánicos, aguas residuales y alimentación animal entre otros según refieren Seddon, (2004); Ballesteros, (2008); Sierra, (2010); López y Medina, (2011) y Navia et al. (2013).

Estudios realizados en Cienfuegos (Yera, 2014; Carvajal, 2015 y Millan, 2015), abordan la utilización de ME-50, biopreparado producido y comercializado por LABIOFAM (Laboratorios biológico farmacéuticos), sobre el desarrollo morfológico del cultivo del arroz y otros cultivos. En la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cienfuegos, se ha trabajado en el desarrollo y validación mediante experimentos de campo en numerosos cultivos, de un biopreparado a base de

microorganismos eficientes (ME- UCF) a partir de su extracción de bosques primarios de Cienfuegos, aplicando la tecnología propuesta por Álvarez et al. (2012), pero no se obtuvieron referencias del empleo de ambos productos en la producción de frijol común variedad CUL-156.

Teniendo en cuenta las razones expuestas, con esta investigación se pretende dar a conocer una nueva alternativa económicamente viable y ambientalmente sostenible para la producción de frijol, que reemplace el uso de productos químicos y solucione los problemas de producción de este cultivo, lo que permitirá su uso potencial en la agricultura. La situación problemática antes descrita permite plantear el siguiente:

### **Problema científico**

¿Cuál será el efecto de dos biopreparados a base de microorganismos eficientes sobre los indicadores morfológicos y el rendimiento agrícola en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*.L.) en Aguada de Pasajeros?

### **Hipótesis**

Si se aplican ME-50 y ME-UCF en el cultivo del frijol, se podrá lograr un mejor desarrollo morfológico e incrementar el rendimiento del frijol como práctica de una agricultura sostenible.

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto de dos biopreparados a base de microorganismos eficiente (ME-50 y ME-UCF) como bioestimulantes en el cultivo de frijol en la finca "Los Almeidas" en Aguada de Pasajeros.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar el efecto de ME-50 y ME-UCF, sobre los indicadores morfológicos y el rendimiento agrícola en el cultivo del frijol en la finca "Los Almeidas" en Aguada de Pasajeros.
2. Evaluar el efecto de ME-50 y ME-UCF sobre la distribución de enfermedades.
3. Determinar la factibilidad económica del empleo de ambas alternativas en el cultivo del frijol en la finca "Los Almeidas" en Aguada de Pasajeros.

### **Aporte teórico**

La investigación brinda una ampliación sobre el uso de microorganismos eficientes como bioestimulantes en el cultivo del frijol en Aguada de Pasajeros y demuestra la factibilidad del empleo del biopreparado ME-UCF, producido en la universidad, el cual constituye una alternativa biológica, ecológicamente segura, que solucione los problemas de fertilización, de control fitosanitario del cultivo y pueda ser producido por el agricultor en su finca, a partir de recursos locales disponibles en ella.

### **Aporte práctico**

Los resultados de la investigación permitieron dar recomendaciones prácticas para el manejo de microorganismos eficientes (ME-50 y ME-UCF) con otros productores haciéndose más extendida esta forma equilibrada de producción que toma en cuenta la preservación del medio ambiente y de un mejor desarrollo de las fases morfológicas del cultivo, garantizando producciones sanas.

## **I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **I.1 Los Microorganismos Eficientes. Generalidades**

Los Effective Microorganisms (EM) conocidos como Microorganismos Eficientes son una combinación de microorganismos beneficiosos de origen natural en un cultivo mixto, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales y fisiológicamente compatibles unos con otros (Ecologic Maintenances, 2012; Fernández- Larrea, 2013).

Higa (1995) planteó que “los EM deben ayudar a crear una sociedad que permita que todos vivamos y dejemos vivir”, convencido que la competencia no debe limitar el empleo más amplio de esta tecnología, la cual contribuye a elevar la calidad de vida de los hombres, plantas y animales.

Estos microorganismos se encuentran en los ecosistemas naturales, donde mantienen y elevan la productividad y se pueden aislar de sus respectivos ambientes. Usan las sustancias causantes de la putrefacción por lo que evitan los malos olores y las enfermedades al eliminar muchos de los patógenos a través de la exclusión competitiva. En los pastos y en los vegetales su utilización se incrementa debido al mayor aporte de nutrientes que hacen. Mejoran la fotosíntesis, la síntesis proteica y las propiedades de la tierra, al permitir una mejor penetración de las raíces, un mayor crecimiento de las plantas y una menor incidencia de enfermedades (Salgado, 2009).

Este mismo autor afirma que el inoculante microbiano EM es producido como un concentrado líquido no compatible con cloro, desinfectantes, sulfato de cobre, oxidante y agroquímicos (fungicidas y bactericidas), además se utiliza para eliminar los malos olores, controlar insectos (moscas) y en general para mejorar y mantener ambientes sanos y saludables dentro del entorno natural.

#### **I.1.2 Surgimiento de los EM**

En la agricultura moderna se utilizan tradicionalmente, grandes cantidades de químicos y fertilizantes, que aunque permiten el desarrollo y la producción de las plantaciones, son elementos perjudiciales a la salud del hombre y al medio ambiente. A partir de esta problemática, comienzan las investigaciones de alternativas sostenibles para incrementar la producción vegetal y animal en armonía

con el ambiente; de esta manera llegan los microorganismos (Contino & Ojeda, 2006).

El profesor Teruo Higa de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, es el padre de la tecnología de los microorganismos eficaces (EM). El Dr. Higa empezó a estudiar los microorganismos a raíz de un envenenamiento que tuvo con productos químicos agrícolas. Para su investigación, recogió 2000 especies de microorganismos. El trabajo tomó enormes cantidades de tiempo, excluyendo microorganismos dañinos u olorosos, logró encontrar 80 microorganismos eficaces beneficiosos a los seres humanos.

En el curso de su investigación, el profesor dispuso de una mezcla de microorganismos cerca de algunos arbustos. Encontró allí más adelante, crecimiento vegetal abundante. Inspirado por el feliz accidente, Higa empezó a investigar las mejores combinaciones hasta que en 1982 hizo la presentación formal del EM, como acondicionador del suelo, catorce años después de haber comenzado su investigación.

Desde entonces, esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada a una magnitud de usos agropecuarios y ambientales, siendo utilizada en más de 80 países del mundo. El Doctor Higa donó al mundo la tecnología EM y creó EMRO (EM Research Organization), organización sin ánimo de lucro para difundir la tecnología distribuida en cada país por organizaciones con igual orientación (Higa, 1995).

### **I.1.3 Principales microorganismos componentes de los EM**

Según Salgado (2009) EM contiene especies seleccionadas de microorganismos incluyendo poblaciones predominantes de bacterias ácido lácticas, levaduras y en menor número bacterias fotosintéticas, actinomicetos y otros tipos de organismos. Todos ellos mutuamente compatibles unos con otros y coexistiendo en una cultura líquida, entre ellos:

#### **Bacterias Fotosintéticas (*Rhodopseudomonas spp*):**

Grupo de microorganismos independientes y autosuficientes, los cuales sintetizan sustancias útiles a partir de las secreciones de las raíces, materia orgánica y/o gases nocivos (Ej. Amoníaco y sulfuro de hidrógeno), usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Estas sustancias incluyen aminoácidos, ácidos

nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, los cuales promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas.

#### **Bacterias Acidolácticas (*Lactobacillus spp*):**

Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por bacterias fotosintéticas y levaduras. Han sido usadas por mucho tiempo en la producción de alimentos como el yogurt, leches ácidas y pepinillos. Pero además el ácido láctico es un compuesto altamente esterilizador que suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de la materia orgánica.

#### **Levaduras (*Saccharomyces spp*):**

Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales y otras sustancias útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fotosintéticas, la materia orgánica y las raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas producidas por las levaduras como las hormonas y enzimas, promueven la división activa de las células y raíces.

Pedraza et al. (2010) refiere que los microorganismos efectivos o EM son una cultura mixta de microorganismos benéficos (fundamentalmente bacterias fotosintéticas, productoras de ácido láctico, levaduras, actinomicetes y hongos fermentadores) que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos. Esto a su vez aumenta la calidad y la salud de los suelos, lo que a su vez aumenta el crecimiento, la calidad y el rendimiento de los cultivos (Moya, 2012).

#### **I.1.4 Coexistencia de los EM**

Las diferentes especies de los microorganismos eficaces (Bacterias fototrópicas, ácido lácticas y levaduras) tienen sus respectivas funciones. Sin embargo, las bacterias fototrópicas se pueden considerar como el núcleo de la actividad del EM. Las bacterias fototrópicas refuerzan las actividades de otros microorganismos. A este fenómeno se lo denomina “coexistencia y coprosperidad” (EARTH, 2008).

Según Moya (2012) el aumento de poblaciones de EM en los suelos promueve el desarrollo de microorganismos benéficos existentes en el suelo, ya que la microflora del suelo se torna abundante, y por ello desarrolla un sistema microbial bien

balanceado. En este proceso microbios específicos (especialmente los dañinos) son suprimidos, a su vez reduciendo especies microbiales del suelo que causan enfermedades. En contraste, en estos suelos desarrollados, el EM mantiene un proceso simbiótico con las raíces de las plantas junto a la rizósfera (Ladino y Rodríguez, 2009).

Fundases (2014) refiere que las raíces de las plantas también secretan sustancias como carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos y enzimas activas. El EM utiliza estas secreciones para su crecimiento. Que en el transcurso de este proceso el EM también secreta y provee aminoácidos, ácidos nucleicos, una gran variedad de vitaminas y hormonas a las plantas. Donde concluye que esto significa que el EM en la rizósfera coexiste con las plantas y que por ello, en suelos dominados por el EM las plantas crecen excepcionalmente bien.

#### **I.1.5 Mecanismo de acción**

Hurtado (2001), manifiesta que los microorganismos eficientes actúan de manera que toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los microorganismos eficientes para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas.

IDIAF (2009), expresa que a través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus. Los efectos antioxidantes de estos microorganismos pasan directamente al suelo e indirectamente a las plantas, manteniendo así la proporción de NPK y CN. Este proceso aumenta el humus contenido en el suelo, siendo capaz de mantener una elevada calidad de la producción.

#### **I.1.6 Implementación internacional de Microorganismos Eficientes (EM)**

La tecnología de microorganismos eficientes (EM) se ha experimentado en más de 110 países. Proyectos exitosos están siendo implementados en varios países como DPR Corea, Vietnam, Tailandia, Laos, Myanmar, Bhután, Maldivas, Pakistán y Egipto y por organizaciones no gubernamentales como en Sri Lanka, India e Indonesia así como a una escala más local en organizaciones privadas en Sociedad de Agricultura Natural de Nueva Zelanda, Holanda, EMROSA de África. (EcologicMaintenances, 2012).

Especialmente en la República Popular Democrática de Corea se introdujo la citada tecnología en la agricultura de manera experimental, obteniendo como resultados el incremento de las producciones del cultivo con una calidad de productos mayor a los que se cultivaron con procesos convencionales. Gracias a esta modalidad de producción se logra mantener un desarrollo sostenible y un equilibrio ecológico. Es así como el gobierno de Corea del Norte ha hallado la manera de solucionar los problemas de escasez de alimentos.

De igual forma Japón ha implementado este método en sus cultivos, hasta tal punto que hoy en día existen nueve centros de extensionismo agropecuario contando con el apoyo de 700 agricultores capacitados para dar asistencia en el uso de la tecnología EM. Más de 2 millones de hogares reciclan hoy sus desechos de cocina usando la tecnología EM los cuales son utilizados como abonos orgánicos en dichos cultivos (Guio, 2010).

Los microorganismos eficientes (EM) también se han difundido en el continente Americano. En América Central, la Universidad Agrícola de Costa Rica de la región tropical húmeda (EARTH) está probando la tecnología de microorganismos eficientes en el cultivo orgánico del banano. Además se ha investigado el efecto de EM para reducir la emisión de gases de efecto invernadero producidos en la agricultura, utilizando métodos biológicos y el uso de microorganismos eficientes en la alimentación de la tilapia. Otros reportes sobre el estudio del efecto de la adición de EM en la dieta de cerdos fueron emitidos desde Honduras y Venezuela, así como desde Colombia se consignó la utilidad de los microorganismos eficientes (EM), en los parámetros productivos, económicos y manejo ambiental de los pollos de engorde por Guio (2010).

### **I.1.7 Implementación de Microorganismos Eficientes (EM) en Cuba**

En la actualidad el colectivo de investigadores de la EEPF-IH viene trabajando de manera creciente, en conjunto con otras instituciones cubanas, en nuevas alternativas para lograr la utilización de tecnologías como los microorganismos benéficos, que permita suplir la creciente necesidad de insumos (pesticidas, antibióticos, abonos químicos, etc.) de los sistemas productivos y buscar la sostenibilidad de los sistemas de producción basados en fuentes locales, así como

y proporcionar tecnologías factibles para reducir la dependencia externa en los sistemas agropecuarios (Fernández-Larrea, 2013).

Más recientemente, LABIOFAM, en colaboración con el ICIDCA (Instituto cubano de investigaciones en derivados de la caña de azúcar), ha desarrollado y comercializado el producto ME-50, biopreparado a base de microorganismos eficientes, obtenido a partir de un inóculo compuesto por *Bacillus subtilis* B/23-45-10 Nato, *Lactobacillus bulgaricum* B/103-4-1 y *Saccharomyces cerevisiae* L-25-7-12 con certificado de calidad emitido por ICIDCA, código R-ID-B-Prot-01-01, con fecha 18/6/2015, producido mediante un proceso de fermentación forzada en planta (LABIOFAM/INIFAT, 2013), el cual ha sido evaluado sobre el desarrollo morfológico del arroz y otros cultivos.

En la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cienfuegos, se ha trabajado a partir del año 2014, en la obtención y validación mediante experimentos de campo, de ME-UCF, biopreparado a base de microorganismos eficientes, producido con la cooperación del Jardín botánico de Cienfuegos, el PIAL y productores pertenecientes al movimiento agroecológico de la ANAP del territorio, a partir de su extracción en bosques primarios de Cienfuegos, adecuando a las condiciones de Cuba, la metodología propuesta por Álvarez et al. (2012).

El principio fundamental de esta tecnología consiste en introducir en el suelo, un grupo de microorganismos benéficos, habitantes naturales de los suelos, sin manipulación genética, existentes en ecosistemas naturales y fisiológicamente compatibles, los cuales, están presentes en el bosque y deberán ser capturados en suelo saludable, debajo de los árboles, en la unidad agrícola, próximos al lugar donde vive la familia campesina o en un área cercana, lo que garantiza que los microorganismos de cada región, están más adaptados a las condiciones locales.

Este producto ha sido evaluado, en dosis 28 a 40 L.ha<sup>-1</sup>, en el cultivo de Fruta bomba (*Carica papaya* L.) y hortalizas (Mesa et al, 2015), por lo que la tecnología de los microorganismos benéficos EM que se propone evaluar puede ser una alternativa viable para los principales problemas que se presentan en los sistemas de producción de alimento, tratamiento de residuales y producción de energía.

Científicos cubanos han evaluado el efecto de biopreparados de EM en la producción de hortalizas, vegetales, frutales y granos (arroz), entre otros,

detectando incrementos en la fotosíntesis, crecimiento y productividad de los cultivos, pero no se obtuvieron referencias del empleo de ME-50 y ME-UCF, en la producción de frijol común variedad CUL-156.

### **I.1.8 Utilización de microorganismos eficientes en la agricultura**

En la agricultura moderna se utilizan tradicionalmente, grandes cantidades de químicos y fertilizantes, que aunque permiten el desarrollo y la producción de las plantaciones, son elementos perjudiciales a la salud del hombre y al medio ambiente. A partir de esta problemática, comienzan las investigaciones de alternativas sostenibles para incrementar la producción vegetal y animal en armonía con el ambiente; de esta manera estos microorganismos (Contino & Ojeda, 2006).

En tal sentido, se ha generado una considerable especulación acerca del futuro de nuestros sistemas de producción agrícola basados en químicos. Un consenso creciente entre los consumidores, ambientalistas, legisladores y muchos productores, es que las prácticas actuales de producción agrícola deberían cambiar considerablemente hasta alcanzar una reducción significativa del uso de pesticidas (Contino & Ojeda, 2006).

El objetivo fundamental de una agricultura sostenible sería entonces, el de desarrollar sistemas agrícolas que sean productivos, confiables, que conserven la energía, la calidad del medio ambiente, los recursos naturales, y que aseguren la producción de alimentos seguros y de calidad. La tecnología del EM se convierte en una valiosa herramienta potencial que puede ayudar al desarrollo de sistemas que sean sustentables en los aspectos económico, ambiental y social (Toalombo, 2012; Yera, 2014).

Los EM han sido ampliamente utilizados en el sector agropecuario tanto en suelos como en cultivos, tratamiento de residuos orgánicos, aguas servidas, reducción drástica de plagas (moscas), eliminación de olores molestos producidos por la descomposición de excretas y orina, siendo aprobado en varios e importantes países, entre ellos los Estados Unidos, cuyo departamento de agricultura incluyó a todos los microorganismos presentes en los EM, dentro de la categoría de G.R.A.S. (Generally Recognized As Safe). (Seguros para el medio ambiente) (Salgado, 2009).

Entre las aplicaciones de ME se citan: (Fernández- Larrea, 2013)

En el medio ambiente:

Reducción de los malos olores provenientes de estiércol y orina.

Ayuda al aprovechamiento eficiente de los desechos animales como subproductos enriquecidos y seguros, eliminando microorganismos patógenos y semillas de malezas.

Promueve la transformación aeróbica de compuestos orgánicos, evitando la descomposición de la materia orgánica por oxidación en la que se liberan gases generadores de olores molestos (sulfurosos, amoniacales y mercaptanos).

Evita la proliferación de insectos vectores, como moscas, ya que estas no encuentran un medio adecuado para su desarrollo.

Incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante. Durante el proceso de fermentación se liberan y sintetizan sustancias y compuestos como: aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales solubles, que al ser incorporados al suelo a través del abono orgánico, mejoran sus características físicas, químicas y microbiológicas.

Acelera el proceso de compostaje a una tercera parte del tiempo de un proceso convencional.

En aguas servidas:

Transformación y síntesis de materia orgánica.

Incrementa los valores de oxígeno disuelto.

Reduce producción de lodos en sistemas de tratamiento convencionales.

Reincorpora aguas residuales como aguas de riego.

En la producción animal:

Reducción de la acción de microorganismos perjudiciales que causan putrefacción.

Reducción de malos olores (amoníaco) y poblaciones de insectos (plagas), como consecuencia del proceso de fermentación de las excretas in situ.

Disminución del consumo de agua de lavado, implementando el manejo de camas secas para coleccionar excretas y orina, reduciendo la frecuencia de utilización de agua.

Mantenimiento de las instalaciones, aminora la oxidación y formación de herrumbre.

Reducción de desinfectantes, disminuyendo los costos de producción y mantenimiento

En los suelos:

Mejoramamiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades.

Restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas.

Incrementa la producción de los cultivos y su protección, además conserva los

Recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible.

Conserva los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible.

En semilleros:

Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico.

Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.

Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.

En las plantas:

Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades.

Consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.

Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos.

Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas.

Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

Como consecuencia de estos efectos beneficiosos del EM, se incrementa el rendimiento y la calidad de los cultivos; no es un pesticida, y aunque no está compuesto por químicos puede ser utilizado como tal, preparándolo como EM-50.

Los EM pueden utilizarse como inoculantes del suelo para reconstruir su equilibrio biológico, mejorar la asimilación de nutrientes para que estén de esta manera disponibles, suprimir microorganismos patógenos indeseables por “exclusión competitiva o dominación absoluta” y de esta manera favorecer el crecimiento, rendimiento y protección de las plantas de cultivo (Fernández- Larrea, 2013).

El potencial de los EM en la agricultura, la ganadería y la protección medioambiental es cada día más relevante. Su utilización es fácil, aplicable a nuestro contexto agropecuario, económicamente justificada y amigable para el hombre y el ambiente, cuyo fin principal es mejorar la productividad de los sistemas agrícolas y ganaderos, especialmente los sistemas orgánicos, con la premisa de mitigar la contaminación ambiental (Contino & Ojeda, 2006).

Silva (2014), manifiesta que el EM genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades, incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas

### **I.1.9 Ventajas del uso de los EM**

Plantea Fernández- Larrea (2013) como ventajas de la utilización de estos microorganismos el uso seguro, su bajo costo, fácil manejo, amigable para el medio ambiente y el uso del 100% de materia orgánica, al ser un producto orgánico sin manipulación genética son bien aceptados en toda clase de unidades productivas, ya sean agrícolas, pecuarias o ambientales.

Según Fernández- Larrea (2013) el uso de microorganismos eficientes contribuye a un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible, permite una producción a bajo costo, no contamina el medio ambiente y mantiene la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad.

## **I.2 Caracterización del clima y el suelo**

### **I.2.1 Ecología del frijol**

Este cultivo es muy sensible a la acción de los factores ambientales (ecológicos), pudiendo estos agruparse de forma general en tres categorías: edáficos, climáticos y bióticos. Todos estos factores actúan de forma compleja sobre el cultivo, tanto en sentido beneficioso como perjudicial. El objetivo fundamental de la ciencia agrícola en general y de la agricultura sustentable en particular es actuar sobre dichos factores ambientales y sobre la especie cultivada para optimizar, de forma favorable al hombre y al entorno agrícola, la interacción cultivo-ambiente (Socorro y Martín, 1989).

El frijol se desarrolla bien a alturas de 800-3000 m sobre el nivel del mar, y a temperaturas entre 12 y 30 °C con un óptimo de 12-24 °C, requiere un pH entre 5.0 y 6.5; suelos de textura liviana, buena fertilidad y subsuelo permeable son óptimos. El frijol es una especie de días cortos los días largos tienden a causar demoras en floración y madurez. La época de siembra más adecuada para el frijol es aquella en que además de ofrecer las condiciones climáticas para un buen desarrollo del cultivo permite que la cosecha coincida con el periodo de baja o ninguna precipitación para evitar daños en el grano por exceso de humedad (Socorro & Martín, 1989).

La época de siembra del frijol en Cuba es desde 1 de septiembre al 30 de enero, con fecha óptima 15 de octubre al 30 de noviembre y áreas sin riego desde el 1 de septiembre al 15 de octubre. Luz: el frijol es una especie de días cortos los días largos tienden a causar demoras en floración y madurez. Humedad del suelo: El agua es un factor crítico en la producción de cultivo. Se requiere un abastecimiento adecuado para obtener un buen rendimiento (Socorro y Martín, 1989).

### **I.2.2. Origen del frijol común**

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es un ejemplo de importantes plantas alimenticias, tiene su origen en el nuevo mundo, siendo llevada al viejo mundo como planta ornamental. Es considerado uno de los cultivos más antiguos, hallazgos arqueológicos ubican que su posible centro de origen

datan de 7000 años y en Suramérica indican que era conocido por lo menos 5 000 años A.C.(Infante, 1990).

México ocupa un lugar privilegiado en el mundo por la diversidad de leguminosas, particular del género *Phaseolus* entre los más conocidos Yan et al., (2005). Los acervos geográficamente distintos, Mesoamericano y Andino, califican como subespecies basadas en la existencia de aislamiento parcial reproductivo entre ellos (Broughton et al., 2003). Preliminarmente los estimados muestran un tiempo de divergencia de unos 500.000 años entre estos acervos, o sea antes de la domesticación (Coulibaly 1999). En frijol silvestre se han propuesto dos acervos más como centros de diversificación, uno en Colombia y otro en el norte de Perú y sur de Ecuador (Díaz et al., 2011).

### **I.2.3. Domesticación y distribución en el mundo del frijol**

El frijol del género *Phaseolus* está distribuido en todo el mundo. Se cultiva en los trópicos, subtropicos y zonas templadas. Dentro del género *Phaseolus*, las especies *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus cocinius* L., *Phaseolus lunatus* L. y *Phaseolus acutifolius* Gray son las más importante agronómicamente (Mejíaetal.,1987). Consta de 50 especies, distribuidas exclusivamente en Las Américas, 5 especies domesticadas. Cuatro incluyen a formas cultivadas, la más cultivada es *Phaseolus vulgaris* L, ocupando más del 85 % de las áreas dedicadas a todas las especies de *Phaseolus* cultivadas en el mundo (Singh, 2001).

Pupo (2009) plantea que el proceso de domesticación redujo la diversidad genética, como lo muestran los patrones de faseolina presente en la forma silvestre y cultivada de la especie. En contraste durante y después del proceso de domesticación, la selección por los agricultores del pasado aumentó la variabilidad genética. De las formas cultivadas resultaron por lo menos dos domesticaciones distintas, en Mesoamérica y en los Andes. Constan de dos grupos de genotipo, incluyen tanto a las formas silvestres ancestrales como a sus progenies cultivadas.

Gepts, (1991) y Singh et at., (1991) Indican el flujo de genes de frijol silvestre a frijol cultivado y sugieren por lo menos 5 subgrupos dentro del grupo de cultivares mesoamericanos (semillas pequeñas) y 4 subgrupos del grupo de cultivares andino (semillas grandes). Según Freitag, (1955),

reportado por Castiñeiras et al... (1994). Los tipos actualmente cultivados son resultados de hibridaciones entre dos o tres especies. Castiñeiras (1992) consideran interesante la hipótesis de que los frijoles hayan sido esparcidos por el hombre más que por sus propios mecanismos de dispersión.

Gepts, (1991) propone dos rutas de dispersión, la primera para los tipos de semilla pequeña y faseolina S, la cual comienza en México, continúa por la costa del Caribe, Colombia, Venezuela y llega eventualmente a Brasil. Alternativamente pudo haber comenzado en México, continuar por las islas del Caribe y de ahí a Venezuela, Colombia y Brasil. La segunda ruta para cultivares de semilla grande y faseolina T comienza en los Andes y llega a Brasil. Castiñeiras et al., (1992) consideran que esta ruta debe haber sido la vía de introducción de los cultivares cubanos. Colombia parece ser centro de encuentro de los cultivares de origen mesoamericano y andino.

#### **I.2.4. Introducción y distribución en Cuba del frijol**

Los cronistas han expuesto la diversidad de plantas cultivadas que encontraron los conquistadores al llegar a Cuba, entre ellas los frijoles del género *Phaseolus*. Bukasov, (1930); Vavilov, (1962); Rivero, (1966) y Voyset, (1983) citados por Castiñeira et al., (1992) que en Cuba existía diversidad para *Phaseolus* y que en colectas realizadas en diferentes zonas de la isla ha confirmado la amplia variabilidad en los materiales cultivados.

Las primeras introducciones fueron cultivares de semilla grande con faseolina tipo T, que pudieron haber llegado con los indios taínos de América del Sur. Las razas con semilla negra pequeña y faseolina tipo S que prevalece en el germoplasma cubano pueden haber llegado desde México, por la costa norte de América del Sur y el Arco antillano y reintroducidos directamente de México después de la conquista, sin embargo Dacal y Rivero, (1984) citados por Castiñeira (2001), consideran al golfo de México como el punto menos favorable para llegar a Cuba, ya que a pesar de la corta distancia, las fuertes corrientes del golfo hicieron imposible la navegación precolombina. El contacto más probable entre Mesoamérica y Cuba pudo haber sido por la vía de la Florida.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) resulta ser una de las leguminosas más importante para el consumo humano a escala mundial ya que presenta un alto

contenido de proteínas, vitaminas, fibra dietética y minerales indispensables para el organismo humano (FAO, 2011). La producción total del frijol en el mundo excede las 23 millones de toneladas métricas, de los cuales siete se producen en América Latina y África (Broughton et al.,2003). En Cuba se cultivan aproximadamente 52 000 ha<sup>-1</sup> de frijol, sin incluir las áreas dedicadas al autoabastecimiento, la producción estatal solamente cubre el 5 % de la demanda, lo que exige la importación de 120 000 t anuales de este grano, equivalente a 40 millones de dólares (ONEI, 2015).

Según ONEI (2015), la producción de frijol en Cienfuegos en el año 2014, alcanzó la cifra de 5800 t, correspondiendo el 91,3 % al sector no estatal, con una superficie cosechada de 4980 ha<sup>-1</sup>, un rendimiento agrícola nacional de 1,17 t.ha<sup>-1</sup>, en Cienfuegos de 1,1t.ha<sup>-1</sup>y en Aguada de 0,9 t.ha<sup>-1</sup>, motivado fundamentalmente por problemas de manejo y la pérdida de la fertilidad de los suelos.

#### **I.2.5. Clasificación taxonómica**

Desde el punto de vista taxonómico esta especie es el prototipo del género *Phaseolus* y su nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L. asignado por Linneo,(1753). Según Melchior, (1964) citado por Delgado (2007), el frijol común se clasifica de la siguiente manera:

División: Angiosperma.

Clase: Dicotyledoneae.

Subclase: Archichlamydae.

Orden: Rosales.

Suborden: Leguminosinae.

Familia: Fabaceae.

Subfamilia: Fabaideae.

Tribu: Phaseoleae.

Subtribu: Phaseolineae.

Género: *Phaseolus*.

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

### **I.2.6. Morfología del frijol**

El estudio de la morfología del frijol incluye: raíz, tallo, ramas, hojas, flor, fruto semilla. Cuando a la semilla viable se le proporciona humedad, buena aireación y cierta temperatura, germina, el embrión que estaba en reposo reanuda su crecimiento. Lo primero que asoma de la testa es la radícula (Kohashi, 1990).

La radícula continúa creciendo, y se convierte en raíz principal, de la parte distal, emite raíces secundarias, las raíces secundarias dan origen a raíces terciarias, éstas a cuaternarias y así sucesivamente, en la parte sub.-apical se observan los pelos absorbentes, aunque generalmente se distingue la raíz primaria, el sistema radical tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación, incluso dentro de una misma variedad, el tipo de raíz pivotante auténtica se presenta en bajo porcentaje, puede presentar nódulos distribuidos en la parte media y superior del sistema radical (Henríquez et al.,, (1995). De acuerdo a Sadeghian, (1991) el número de raíces principales es una característica varietal.

En general, el sistema radical es poco profundo, la mayoría de las raíces se encuentran en los primeros 20 cm de profundidad del suelo, en condiciones muy favorables pueden alcanzar más de 1 m de longitud. Aguilera y Acosta, (1991); Kuruvadi y Aguilera, (1992), (Henríquez et al., 1995). Un sistema radical profundo y bien desarrollado confiere tolerancia a la sequía, es controlado por genes, lo que pueden ser modificados por el ambiente y manipularse a través del mejoramiento genético ( Acosta & Adams, 1992).

Rojas et al., (1990) expuso que el desarrollo de las raíces varía no sólo con la especie y variedad, sino también con las características químicas y físicas de los suelos relacionando cómo influyen estas propiedades del suelo en la elongación y engrosamiento de las raíces. El tallo principal se origina del meristemo apical del embrión de la semilla, identificado como el eje central de la planta, formado por una sucesión de nudos y entrenudo, tiene los cotiledones en posición opuesta (Henríquez et al.,1995).

La primera parte del tallo comprendida entre la inserción de las raíces y el primer nudo (cotiledón) se llama hipocótilo, entre el nudo de los cotiledones y el de las hojas primarias, se encuentra un entrenudo real llamado epicótilo. Los

primeros nudos (cotiledones y de las hojas primarias) son formados durante la embriogénesis, por lo tanto existen ya en la semilla (Debouck & Hidalgo., 1985).

Diversos investigadores han apoyado la idea de conceptualizar al tallo como un conjunto de módulos con un sistema radical común denominada fitómero. Cada unidad modular está constituida de un entrenudo, la hoja en la parte superior y las yemas. Este concepto biológico considera a la planta como una población de fitómeros en diversos grados de desarrollo. De esta manera, existe una demografía o población de fitómeros, con fitómeros viejos, maduros y jóvenes, con características fisiológicas diferentes de acuerdo a su grado de desarrollo (edad) Kohashi, 1990).

El tallo puede seguir creciendo debido a la actividad de la yema apical. En el caso de plantas de hábito de crecimiento indeterminado, ésta puede permanecer en estado vegetativo durante la vida de la planta, pueden ser arbustivas como los frijoles “mateado tipo II, o tener una guía larga o “media guía” correspondiendo a tipos de crecimientos III y IV, pudiendo ser trepadora la guía o no, en algunas variedades durante la época reproductiva, la yema apical, tanto del tallo como de las ramas, se pueden transformar en yema floral, dicho eje cesa su crecimiento, y la planta presenta entonces un hábito determinado “tipo I “ (Kohashi, 1990).

El tallo es herbáceo, con sección cilíndrica o levemente angular, tiene generalmente un diámetro mayor que las ramas. Puede ser erecto, semipostrado o postrado, según el hábito de crecimiento; pero tiende a ser vertical. Algunas características del tallo son utilizadas en la identificación de variedades: el color, la pilosidad, el número de nudos, el carácter de la parte terminal, el diámetro, etc. La pilosidad y el color varían según la parte del tallo, la etapa de desarrollo, la variedad y las condiciones ambientales (Debouck & Hidalgo, 1985) y (Henríquez et al.,1995).

En cada nudo se encuentra una estipula, una hoja y en la axila de las hojas, estructuras vegetativas (ramas) o reproductivas (inflorescencias); se numeran en forma ascendente, el primer nudo corresponde a los cotiledones, el segundo a las hojas primarias, el tercero al de la primera hoja trifoliada y así sucesivamente. En plantas con hábitos de crecimiento determinado, el número de

nudos normalmente es bajo, en plantas de hábito indeterminado es mayor, ya que en la fase reproductiva, el tallo sigue creciendo (Debouck & Hidalgo, 1985) y (Henríquez et al.,1995).

Según estos mismos autores la planta de frijol común es por naturaleza muy ramificada. Las ramas principales pueden tener a su vez ramas laterales, se desarrollan especialmente en los nudos de las hojas trifoliadas inferiores del tallo a partir de un conjunto de yemas, denominado complejo axilar. Las yemas de los primeros nudos (cotiledones y hojas primarias) pueden permanecer en estado latente pero tienen el potencial de desarrollo generalmente como ramas axilares, la ramificación es muy reducida en las partes terminales del tallo o de las ramas, en estas partes, el desarrollo tiende a ser reproductivo. De este complejo axilar (triada) además de ramas se pueden desarrollar inflorescencias; dependiendo de la posición sobre la planta. Las yemas pueden tener tres tipos de desarrollo: vegetativo, floral y vegetativo y completamente floral (Debouck & Hidalgo, 1985) y (Henríquez et al., 1995).

Las hojas son simples y compuestas, están insertadas en los nudos del tallo y de las ramas, las primarias aparecen en el segundo nudo del tallo y se forman en la semilla durante la embriogénesis. Son simples, opuestas, cordiformes, unifoliadas, auriculadas, y acuminadas; caen antes de que la planta esté completamente desarrollada. Las estipulas son bífidas. Las hojas compuestas trifoliadas (trifolioladas), son las hojas típicas del frijol (Debouck & Hidalgo, 1985) y (Henríquez et al., 1995).

Tienen tres folíolos, un pecíolo y un raquis acanalados. En la base del pecíolo cerca del tallo o de las ramas están los pulvínulos; relacionados con los movimientos nictinásticos de las hojas. En la inserción de las hojas trifoliadas hay un par de estipulas de forma triangular. El folíolo central o terminal es simétrico y acuminado, los dos laterales son asimétricos y acuminado, enteros, de forma ovalada a triangular, principalmente cordiforme, pero sin aurículas; son glabras o subglabras. Existe variación en el color y pilosidad de las hojas, relacionado con la variedad, la posición en el tallo y la edad de la planta (Debouck e Hidalgo, 1985) y (Henríquez et al.,1995).

Las inflorescencias pueden ser axilares y terminales, se originan de un complejo de tres yemas (tríada floral), botánicamente se consideran racimos de racimos, es decir, un racimo principal compuesto de racimos secundarios, tiene tres partes principales: el eje de la inflorescencia, compuesto de pedúnculo y raquis, las brácteas primarias y los botones florales. En cada tríada floral cada una de las yemas laterales generalmente producen una flor; la yema central no se desarrolla directamente. En algunos casos la yema central puede producir un pequeño eje con otra tríada floral. De esta nueva tríada puede resultar una tercera flor, normalmente no se desarrolla. Este fenómeno se repite en todas las inserciones de la inflorescencia (Miklas & Singh, 2007)

La flor es típica papilionácea, pueden ser de color rosa, purpúreas, blancas o bicolor con o sin rayas y en la base exterior lleva un estandarte muy pronunciado. Las bractéolas sésiles a menudo son más grandes en genotipos Mesoamericanos que en Andinos y pueden ser cordado, ovado, o lanceolado. El cáliz bilabiado es pequeño (<5 mm) con los dos dientes superiores unidos. Las flores son mayormente cleistógamas y normalmente se autopolinizan (< 1% es por cruzamiento) (Miklas Y Singh 2007), ocurre en inflorescencia en racimo, se van desarrollando de la base hacia el ápice de la inflorescencia, las primeras en presentar la antesis, son las que tienen mayor probabilidad de transformarse en vainas normales o maduras, dicha posibilidad va disminuyendo según avanza el período de floración, con el aumento de vainas que se caen posiblemente por abscisión, especialmente menores de 3 cm de longitud, las de mayor longitud generalmente ya no sufren abscisión (Díaz, 1990). En el proceso de desarrollo de la flor se pueden distinguir dos estados: El botón floral, y la flor completamente abierta. (Henríquez et al., 1995).

El inicio de la floración varía de acuerdo con la variedad. A mayor período de floración, mayor rendimiento (Moran y Bárrales, 1990). El fruto es una vaina con dos valvas, consta de semillas, pericarpio (vainas sin semilla), dos suturas, dorsal o placentar y la sutura ventral. Los óvulos (futuras semillas) alternan en la sutura placentar. Las vainas son generalmente glabras o subglabras con pelos muy pequeños, a veces la epidermis es pilosa. El color depende de la variedad, comienzan a crecer en longitud a partir del tercer día después de la antesis hasta los 12 y 18 días, después el crecimiento es más lento hasta la madurez fisiológica cuando prácticamente se

detiene (Díaz, 1990). La textura de la vaina presenta tres tipos de dehiscencia: El pergaminoso, el coriáceo y el tipo carnosos o no fibroso.

La semilla se origina de un óvulo compilótropo, es exalbuminosa, es decir, no posee albumen; a su madurez carece de endospermo, las reservas nutritivas se concentran en los cotiledones. Según Sadeghian, (1991) las reservas cotiledonales suplen las necesidades de la plántula más o menos hasta los 12 dds (días después de la siembra). Tiene amplia variación de colores, forma y tamaño (pequeño, medio y grande) se expresa como el peso en gramos de 100 semillas escogidas al azar. La floración, el desarrollo del fruto y la semilla son eventos esenciales en la formación del rendimiento de las plantas cultivadas (Boyuelos et al., 1996)

Las semillas presentan una amplia variación de color (blanco, crema, amarillo, rosado, rojo, púrpura, negro y marrón, más un sin fin de tonalidades) así como de forma (cilíndrica, de riñón, esférica, redonda, elíptica u ovoide) y brillo (brillante, semibrillante y opaco). La combinación o patrón de colores también es muy frecuente (jaspeado, moteado, punteado, rayado y venación). La variabilidad de los caracteres externos de la semilla se tienen en cuenta para la clasificación de las variedades de frijol (Ríos & Quirós 2002).

Las semillas de las formas cultivadas germinan rápidamente después de entrar en contacto con suficiente humedad, contrario a lo que sucede con las formas silvestres las cuales presentan latencia debido a la impermeabilidad temporal de la testa que impide la penetración del agua. Adicionalmente, las formas silvestres reaccionan al fotoperiodo y florecen solamente en fotoperiodo cortos (10-12 h), mientras que los materiales domesticados pertenecientes a las razas Mesoamérica y Nueva Granada, son insensibles a la duración del día, pero por otra parte los individuos de la raza Perú son muy sensibles al fotoperiodo igual que otras variedades de frijol voluble de raza Guatemala (Singh et al. 1991; Geptset al.1991)

## **II. Materiales y Métodos**

El estudio se desarrolló en la finca del productor Armando Padrón Almeida socio de la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) Patricio Lumumba, perteneciente a la Empresa Agropecuaria 1ro de Mayo, en Aguada de Pasajeros, en el período comprendido de septiembre del 2015 a febrero de 2016.

La finca se encuentra ubicada en el asentamiento poblacional Santana, con los siguientes límites geográficos: al norte con la UEB Ganadera Galeón, al sur con el asentamiento poblacional Santana, por el este con la CPA Revolución de Octubre y por el oeste con el asentamiento poblacional Guevara, sobre un suelo Ferralítico Amarillento Típico (IV A).

Como material biológico se utilizó semilla certificada de frijol, de la variedad CUL 156, obtenida de la Empresa de Semilla Cienfuegos, ME-50, biopreparado a base de microorganismos eficientes, comercializado por la empresa Labiofam Cienfuegos, y ME-UCF, biopreparado a base de microorganismos eficientes, producido en la Universidad de Cienfuegos, aplicando la metodología propuesta por Álvarez et al. (2012).

Se realizó la prueba de germinación de la semilla según la NC 618:2008 (Ensayos de semillas agrícolas), seleccionando 100 semillas al azar depositándolas en un recipiente con condiciones propicias para la germinación, observando diariamente las germinadas y registrando los datos obtenidos. La siembra se realizó el 19 de septiembre del 2015 sobre un suelo Ferralítico Amarillento Típico (IV A), según la clasificación genética del suelo en Cuba (Cairo & Fundora, 1995).

Para el montaje del experimento se utilizó un diseño experimental en bloque al azar con cincotratamientos y cuatro replicas, se muestrearon 25 plantas por parcela experimental con un área de 48 m<sup>2</sup> y un área total del experimento de 960 m<sup>2</sup>.

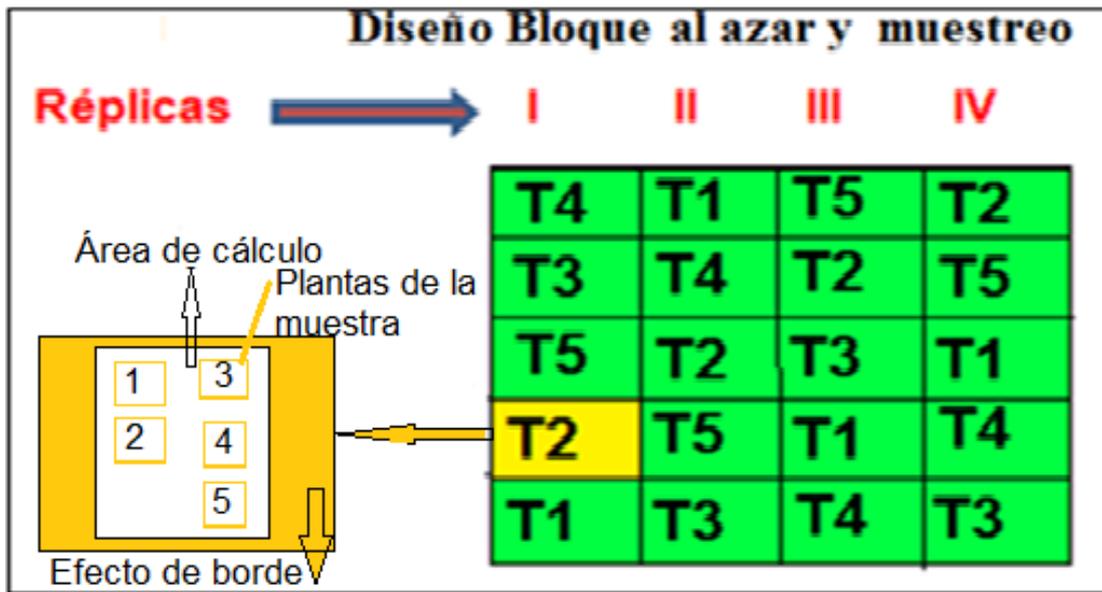


Figura 1: Diseño experimental

Tratamientos evaluados:

- 1- ME-50 en dosis de 7 L.ha<sup>-1</sup>
- 2- ME-50 en dosis de 10 L.ha<sup>-1</sup>
- 3- ME-UCF en dosis de 7 L.ha<sup>-1</sup>
- 4- ME-UCF en dosis de 10 L.ha<sup>-1</sup>
- 5- Testigo

Se realizaron tres aplicaciones de los productos, con un intervalo de 10 días, a partir de los 10 días después de la germinación, utilizando una mochila SHOGUN de dieciséis litros de capacidad, con boquilla de cono hueco a presión constante en el horario comprendido entre las 6:00 y 7:00 pm, asperjándose el área foliar y el suelo en la periferia de la planta, con una solución final de 320 L.ha<sup>-1</sup>.

Se le realizó al cultivo, las actividades agrotécnicas propias del mismo previstas por MINAG (2012), en el Manual de tecnologías de los cultivos (Tecnologías para la producción de Frijol).

## **II.1 Evaluación del efecto de ME-50 y ME-UCF, sobre los indicadores morfológicos y el rendimiento agrícola en el cultivo del frijol.**

Para determinar el efecto como bioestimulante se evaluaron las variables morfológicas y el rendimiento del cultivo del frijol que se describen a continuación:

### **Altura de la planta (cm)**

Se realizó un muestreo inicial a los 10 días después de la germinación y a los 20, 30 y 40 días de la germinación (muestreo final). Se midió con una cinta métrica desde la base del tallo hasta la yema terminal y se expresó en centímetros.

### **Número de flores por planta**

Se contó el número de flores por planta al concluir la floración y se promediaron los valores.

### **Número de vainas por planta**

Se contó el número de vainas por planta al momento de la cosecha y se promediaron los valores.

### **Longitud de las vainas (cm)**

Se midió con una cinta métrica la longitud de las vainas y se promediaron los valores.

### **Número de granos por vainas**

Se determinó tomando 10 vainas por planta evaluada, a las que se contaron el número de granos y se promediaron los valores.

### **Peso de 100 granos (g)**

Se determinó pesando en una balanza analítica las muestras de 100 granos por parcelas experimental y se promediaron los valores obtenidos en gramos.

### **Rendimiento (t.ha<sup>-1</sup>)**

Se calculó a partir de los componentes del rendimiento, para una hectárea.

## **II.2 Distribución de enfermedades:**

Para la evaluación de los daños por la distribución de enfermedades en las plantas, se empleó el método de muestreo de campo observando 10 plantas en 10 puntos por parcela en estudio, en la etapa de desarrollo vegetativo del cultivo, según metodología de señalización (INISAV, 2011). En cada planta se observó el nivel de afectación por hongos del suelo por medio de cuatro muestreos, uno antes de la primera aplicación y a los 4 días después de cada aplicación.

Esta información permitió determinar la distribución en las parcelas en estudio, mediante la siguiente fórmula de (INISAV, 2011) para plagas y enfermedades:

$$D = \frac{A}{B} \times 100$$

Donde:

A: Plantas afectadas.

B: Total de plantas en estudio.

Se evaluó la distribución de hongos del suelo enviando muestra de plantas afectadas al Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal (LAPROSAV) diagnosticando afectaciones a las raíces de las plantas provocados por los patógenos *Fusarium* sp y *Rizoctonia solani* L.

### **II.3.Determinación de la viabilidad económica de las alternativas en estudio.**

Para determinar la viabilidad económica se utilizó el precio actual de venta del frijol oficial en peso cubano (Cup) que es de 18043.00 Cup por tonelada, multiplicado por la producción por tratamiento para calcular los ingresos. Teniendo en cuenta los gastos incurridos en cada tratamiento se obtuvieron los costos. Se calculó la diferencia entre los ingresos y los costos por tratamientos, mediante la fórmula:

$$\text{Ganancia (G)} = \text{Ingresos} - \text{Costos}$$

Donde:

$$\text{Ingresos} = \text{Producción (t)} \times \text{Precio toneladas frijol}$$

$$\text{Costos} = \text{Gastos de producción}$$

### **Procesamiento Estadístico**

A los resultados obtenidos en las evaluaciones se le aplicó los análisis estadísticos de varianza, empleando el paquete estadístico SPSS para Windows versión 15. Las medias fueron comparadas por el test de HSD de Tukey con una probabilidad de error del 5%, de  $P \leq 0.05$ .

### **III. Resultados y discusión**

#### **III.1. Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre los indicadores morfológicos y el rendimiento agrícola en las parcelas en estudio del cultivo del frijol.**

##### **III.1.1. Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre la altura de las plantas en las parcelas en estudio.**

El efecto de los dos biopreparados ME-50 y ME-UCF sobre la altura de las plantas en las parcelas en estudio durante los muestreos realizados (tabla 1) demostró que existe diferencia de dos centímetros de altura de las plantas entre los tratamientos de los bioproductos y con diferencia superior de cuatro cm entre las parcelas tratadas y las testigo a partir de los 20 días, alcanzando los mejores resultados las plantas tratadas con ME-50 a la dosis de 10 L. ha<sup>-1</sup> que supera todas las alternativas evaluadas.

El análisis estadístico reveló que existe diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre las mismas a partir de los 10 días de haber realizado la primera aplicación del producto. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Calero y Olivera (2014), al evaluar la variedad de frijol común Velazco largo, donde se observan diferencias significativas entre los tratamientos evaluados y que la mayor altura promedio la alcanzaron las plantas inoculadas y tratadas con microorganismos eficientes; con lo obtenido por Correa et al, (2012) al evaluar el comportamiento de la altura de las plantas con el empleo de microorganismos eficientes en el frijol, variedad Guamá en Holguín, y con un estudio llevado a cabo en la región central por Yera (2014) para determinar el efecto del bioestimulante ME-50 en el indicador morfológico altura de la planta en la variedad de arroz, IA-Cuba-31. Similares efectos fueron reportados para la altura por Zamora (2014) en su investigación sobre el cultivo de la cebolla en la provincia de Las Tunas; por Delgado (2009) en el cultivo del tomate en Matanzas y Mesa et al, (2015) al evaluar la altura de plantas tratadas con microorganismos eficientes en el cultivo de la fruta bomba en Cienfuegos.

De acuerdo a la literatura consultada, el ME-50 en aspersiones foliares mejora el crecimiento del follaje (22%) y de esta manera aumenta el área fotosintética, lo que se traduce en una mayor elaboración de nutrimentos para la planta y por ende en un incremento de su productividad (Fernández-Larrea, 2013). Además al segregar sustancias antioxidantes, promueven la descomposición de la materia orgánica y la

formación de humus, muy beneficioso para el desarrollo de las plantas (LABIOFAM/INIFAT, 2013).

Los productos orgánicos y biológicos proporcionan a las plantas una dosis completa de macro y micronutrientes, aceleran varios procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y rendimiento de los cultivos (Medina, 2009).

Tabla 1: Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre la altura de las plantas en las parcelas en estudio.

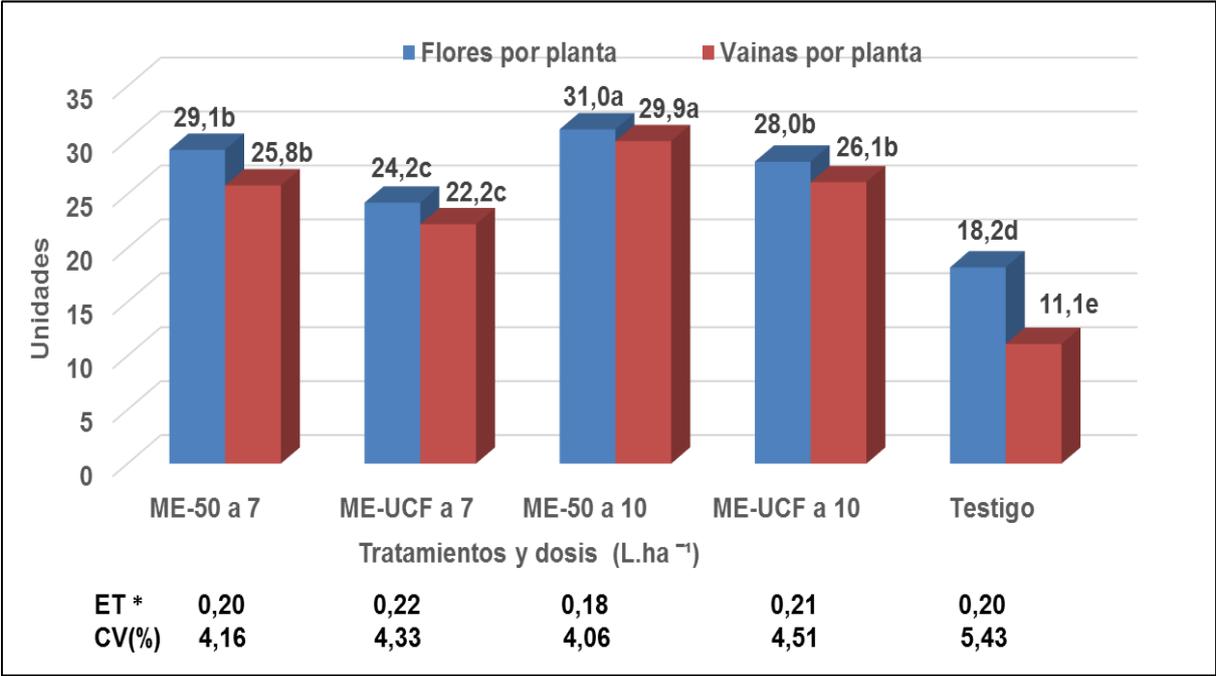
Tratamientos dosis (L.ha <sup>-1</sup> )	y A los 10 días (cm)	A los 20 días (cm)	A los 30 días (cm)	A los 40 días (cm)
ME-50 a 7	7,3d	20,1b	35,4b	55,3b
ME-UCF a 7	10,9a	18,2c	29,7c	41,5c
ME-50 a 10	7,2d	22,3a	39,5a	63,8a
ME-UCF a 10	8,6c	20,5c	32,3c	49,1c
Testigo	9,6b	16,1d	25,6d	34,3d
ET*	0,07	0,10	0,22	0,45
CV (%)	19,6	14,1	17,2	24

Letras diferentes en las columnas presentan diferencias significativas (P<0,05)

### III.1.2. Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre el número de flores y el número de vainas por planta.

El uso de los dos biopreparados ME-50 y ME-UCF incrementó el número de flores y el número de vainas por planta en las parcelas tratadas, resultando el mejor tratamiento en ambos casos ME-50 a la dosis de 10 L.ha<sup>-1</sup>, (Figura 2), seguido por ME-50 a 7L.ha<sup>-1</sup> y ME-UCF a 10L.ha<sup>-1</sup>, sin diferencias entre ellos. Se observa una reducción de vainas en las parcelas testigo de un 39 % en la relación número de flores vs número de vainas lo que parece indicar un efecto de los tratamientos sobre el aborto floral del frijol, lo que corrobora el efecto beneficioso de estos microorganismos sobre los indicadores del rendimiento del cultivo y la factibilidad del producto ME-UCF. Estos resultados coinciden con lo obtenido por Calero et al (2015) en las variedades Velazco largo y CC-25-9-n con la aplicación de 6 y 12 L.ha<sup>-1</sup> de microorganismos nativos multipropósitos que difieren estadísticamente de la aplicación de 24 L.ha<sup>-1</sup> y del testigo; con los resultados de Correa et al, (2012) al evaluar el comportamiento del número de flores y vainas por planta en el frijol, variedad Guamá en Holguín con el empleo de microorganismos eficientes y con lo

obtenido por Calero et al (2016) al evaluar la utilización de los bioproductos en la producción del frijol común donde incrementaron los indicadores agroproductivos como el promedio de inflorescencias y el promedio de vainas por planta. Higa (1991), señaló que los ME pueden incrementar los efectos benéficos del crecimiento y desarrollo de los cultivos. También se ha planteado que los componentes número de flores y número de vainas por planta en el cultivo del frijol constituyen un elemento indispensable en el rendimiento agrícola (Núñez, 2011).



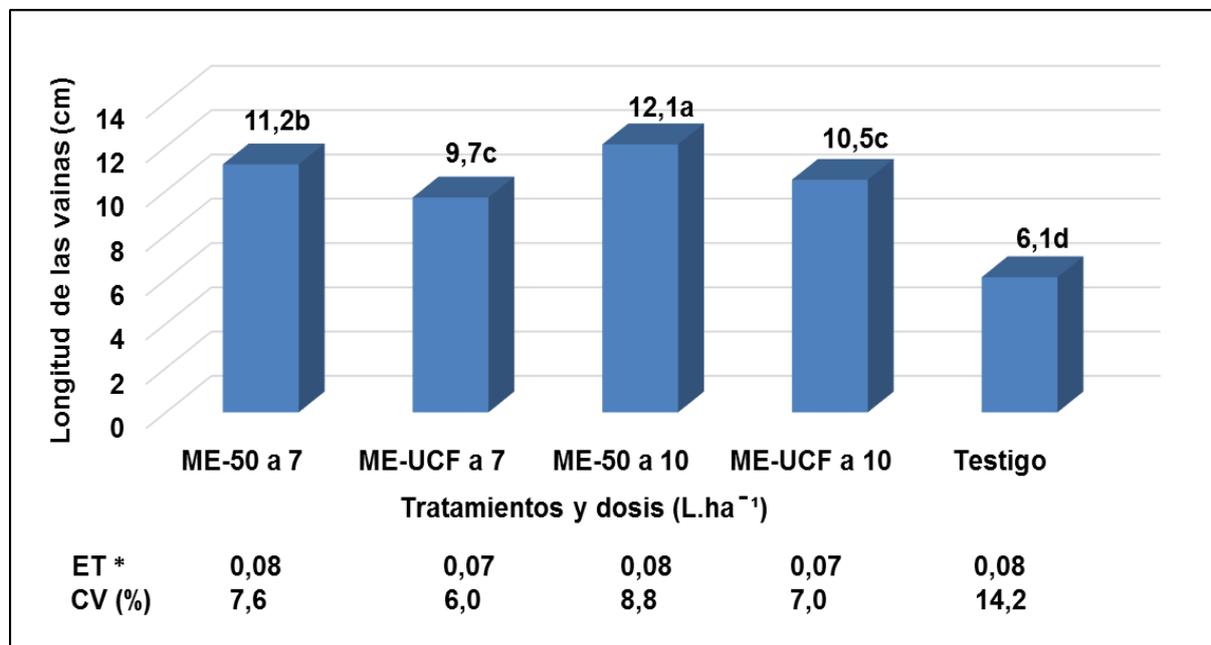
Letras diferentes en las columnas presentan diferencias significativas (P<0,05)

Figura 2: Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre el número de flores y el número de vainas por planta.

**III.1.3 Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre la longitud de las vainas en las parcelas en estudio.**

Los tratamientos con los dos biopreparados ME-50 y ME-UCF sobre la variable evaluada longitud de las vainas (Figura 3) resultó ser el mejor tratamiento ME-50 a la dosis de 10 L.ha<sup>-1</sup>, seguido de la dosis de 7 L.ha<sup>-1</sup>, los mismos registraron valores significativamente superiores al testigo. Similares resultados fueron obtenidos por Correa et al, (2012) al evaluar el efecto de los microorganismos eficientes sobre la longitud de las vainas en el frijol, variedad Guamá en Holguín. Según Pedraza et al. (2010) refiere que los microorganismos efectivos o EM son una cultura mixta de microorganismos benéficos (fundamentalmente bacterias fotosintéticas, productoras

de ácido láctico, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores) que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos. Esto a su vez aumenta la calidad y la salud de los suelos, lo que a su vez aumenta el crecimiento, la calidad y el rendimiento de los cultivos (Moya, 2012).



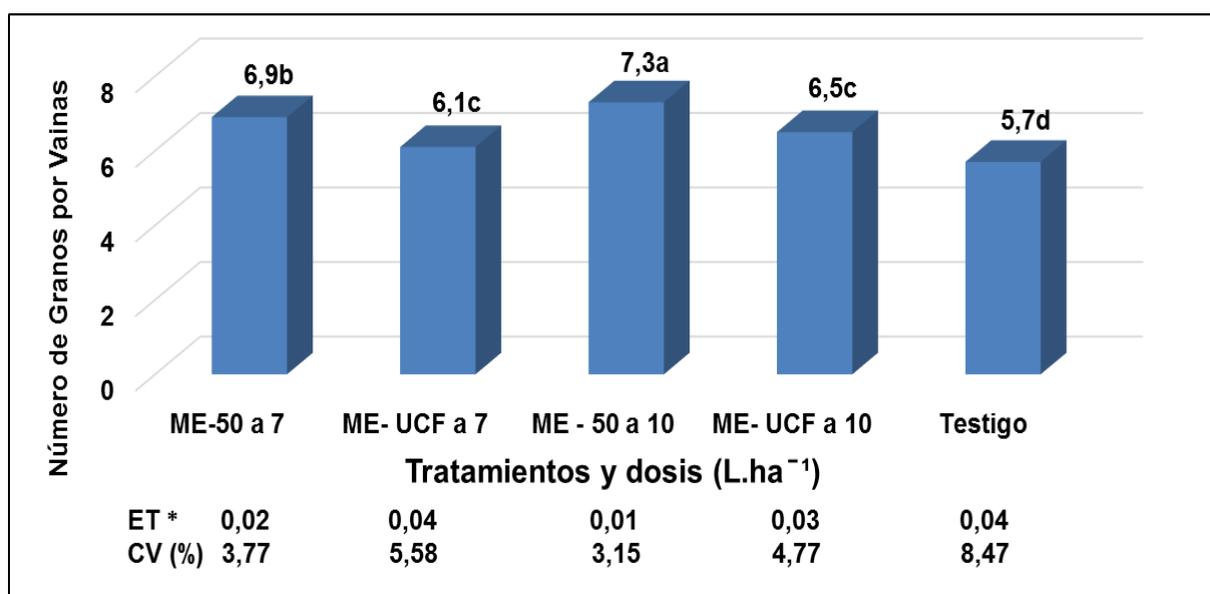
Letras diferentes en las columnas presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

Figura. 3 Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre la longitud de las vainas en las parcelas en estudio.

### III.1.4 Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre el número de granos por vainas en las parcelas en estudio.

Los tratamientos con los dos biopreparados ME-50 y ME-UCF sobre la variable evaluada el número de granos por vainas (Figura 4) resultó ser el mejor tratamiento el biopreparado ME-50 a la dosis de  $10 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ , seguido de la dosis de  $7 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ , los mismos registraron valores significativamente superiores al testigo. ME-UCF, a las dos dosis evaluadas, supera también estadísticamente al testigo. Similares resultados fueron obtenidos por Calero et al (2016) al evaluar la utilización de los microorganismos eficientes en la producción del frijol común donde incrementaron el número de granos por vainas en la variedad Velazco largo y el bioproducto microorganismos nativos multipropósitos logró superar los resultados obtenidos por el Fitomas-E y Trichoderma harzianum cepa A-34; Correa et al, (2012), al evaluar el efecto de los microorganismos eficientes sobre el número de granos por vainas en el

frijol, variedad Guamá en Holguín, obtuvo el mismo resultado. Respecto a la influencia de los microorganismos eficientes en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, autores como Chen et al. (2001) y Fernández- Larrea (2013), plantean que estos incrementan la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar, que se refleja en el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, restableciendo el equilibrio microbiológico del suelo y mejorando sus condiciones físico-químicas, con lo que favorecen el rendimiento y la protección de las plantas de cultivo, argumentos que explican los resultados de esta investigación.



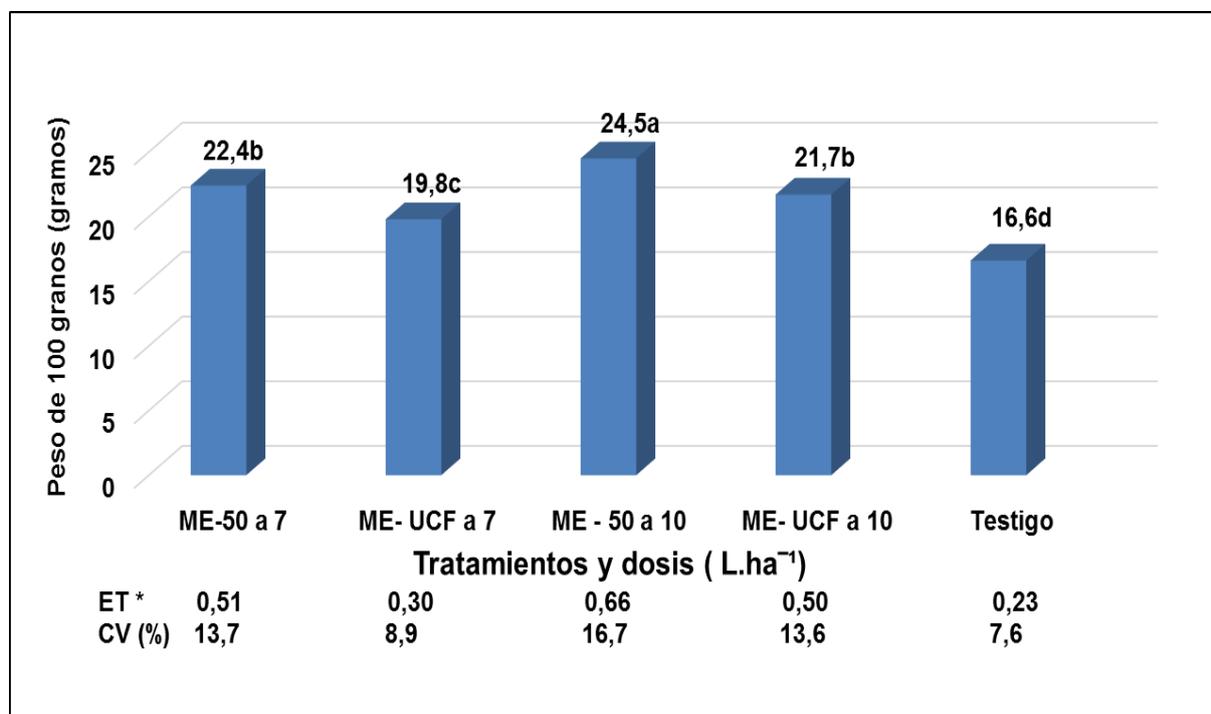
Letras diferentes en las columnas presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

Figura. 4 Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre el número de granos por vaina en las parcelas en estudio.

### III.1.5 Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre el peso de 100 granos en las parcelas en estudio.

El efecto de los dos biopreparados ME-50 y ME-UCF sobre el peso de 100 granos (figura 5) arrojó que todas las variables evaluadas registraron valores significativamente superiores al testigo ( $P < 0,05$ ), resultando el mejor tratamiento ME-50 a la dosis de 10  $L \cdot ha^{-1}$ , seguido por ME-UCF a 10  $L \cdot ha^{-1}$  y ME-50 a 7  $L \cdot ha^{-1}$ , sin diferencia estadística entre ellos. Resultados similares obtuvo Correa et al, (2012) al evaluar el efecto de los microorganismos eficientes sobre el peso de 100 granos en frijol en Holguín y Núñez (2011), reporta un incremento de este indicador al emplear ME en el frijol en Perú. Calero et al (2015; 2016) al evaluar la utilización de los

microorganismos eficientes en la producción del frijol común, obtuvieron incremento en el peso de 100 granos y alcanzaron rendimientos y ganancias superiores al control.



Letras diferentes en las columnas presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

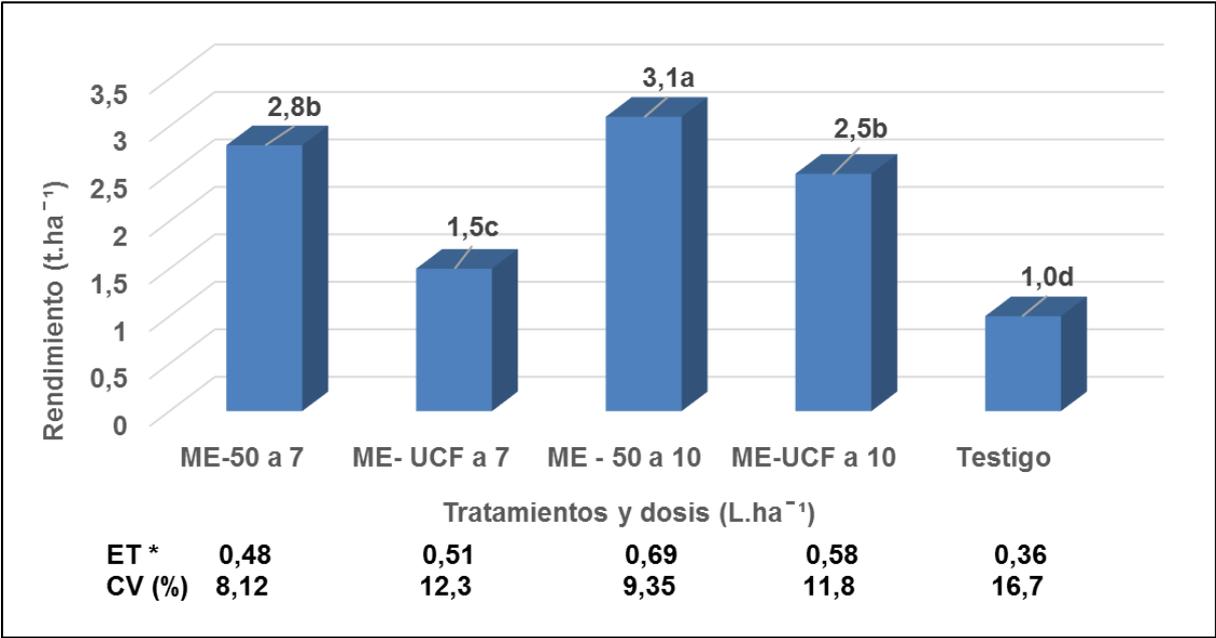
Figura. 5 Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre el peso de 100 granos en las parcelas en estudio.

### III.1.6 Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre el rendimiento de las plantas en las parcelas en estudio.

El efecto de los dos biopreparados ME-50 y ME-UCF sobre el rendimiento en las parcelas en estudio (Figura 6) demostró que todos los tratamientos evaluados superan estadísticamente al testigo, lo que indica la factibilidad del empleo de las alternativas en estudio. Resulta el mejor tratamiento ME-50 a la dosis de  $10 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ , seguido por ME-50  $7 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  y ME-UCF  $10 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  sin diferencia estadística entre ellos, lo que a su vez indica la factibilidad del empleo del biopreparado ME-UCF como una alternativa a producir por el agricultor en su finca. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Calero et al (2016) al evaluar el empleo del bioproducto microorganismos nativos multipropósitos en la producción del frijol común, donde alcanzaron rendimientos y ganancias superiores al control en la variedad Velazco largo, así como con los resultados de Calero et al (2015) al evaluar

este efecto en dos variedades de frijol donde los resultados mostraron que la utilización del bioproducto de microorganismos nativos multipropósito tuvieron efecto positivo en la sostenibilidad de la producción del frijol común porque incrementa los indicadores agroproductivos del cultivo y logro producir rendimientos y ganancias superiores al testigo, superando la media de producción nacional.

Similares resultados fueron obtenidos en frijol por Correa et al (2012) y por Núñez (2011), al evaluar el empleo de diferentes dosis de ME sobre el rendimiento del cultivo y con lo obtenido en arroz (*Oriza sativa* L.) por Milian (2015), así como en tomate por Delgado (2009) que reportan incrementos en el rendimiento agrícola de los cultivos evaluados con el empleo de microorganismos eficientes. Silva (2014), manifiesta que el EM genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, que incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales.



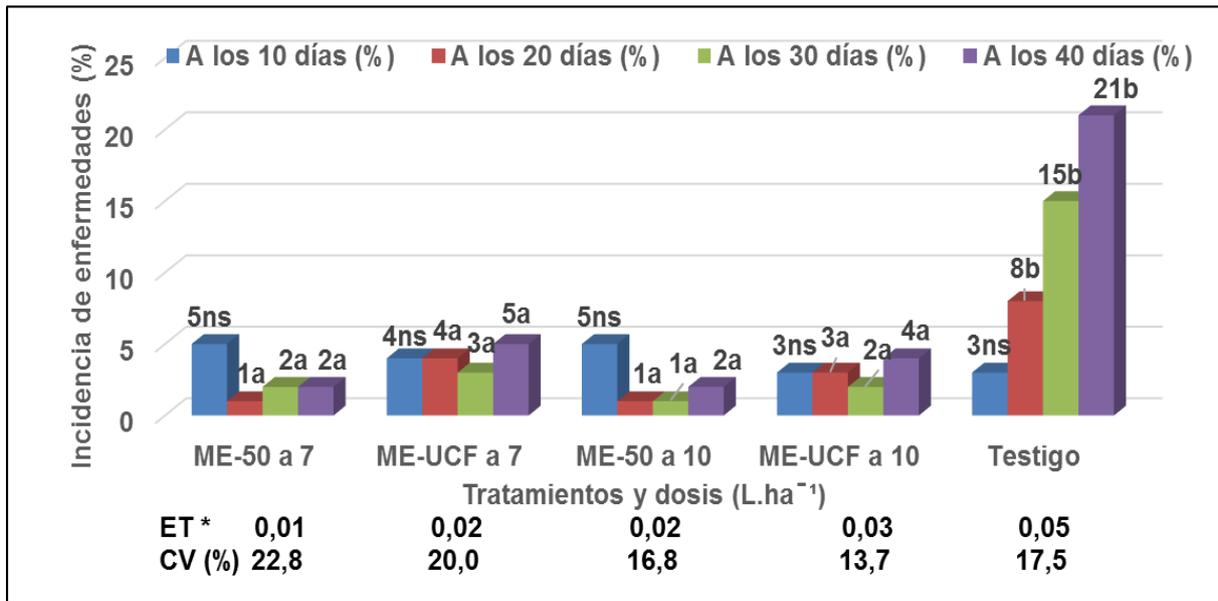
Letras diferentes en las columnas presentan diferencias significativas (P<0,05)

Figura 6: Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre el rendimiento en las parcelas en estudio.

### **III.2.Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre la distribución de enfermedades en las parcelas en estudio.**

Al evaluar el efecto de los dos biopreparados de ME-50 y ME-UCF sobre los niveles de afectación por *Fusarium* sp y *Rizoctonia solani* L. en las raíces de las plantas (Tabla 2), se manifiesta en todos los tratamientos evaluados un bajo nivel de afectación que superan estadísticamente al testigo, sin diferencias entre ellos mientras que en el testigo, estos valores se incrementan afectando los rendimientos en el cultivo. Este resultado corrobora nuevamente la factibilidad de la producción y empleo del biopreparado ME-UCF. Esto coincide con lo obtenido en arroz (*Oriza sativa* L.) por Milian (2015), al evaluar el efecto de los ME sobre los niveles de larvas de *Lissorostus brevirostris*; con los obtenidos por Cedrico y Muñoz (2002) en el cultivo de banano en Costa Rica; Vargas et al., (2007) en el estudio de la incorporación de EM para el control postcosecha de *Penicillium italicum* en naranjas var. Lane-Late, Peñafiel y Donoso (2009) en el cultivo de pepino, así como los obtenidos por Delgado (2009) al evaluar el comportamiento de *Alternaria solani* en tomate y por Campo et al., (2014) en la producción del cultivo de acelga en Colombia, con el empleo de microorganismos eficientes. Salgado (2009) y Fernández-Larrea (2013), exponen que los microorganismos eficientes pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, evitando el uso de fertilizantes químicos y plaguicidas sintéticos. Por su parte, Silva (2014), también manifiesta que el EM genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia de los cultivos a enfermedades, consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.

Los ME pueden utilizarse como inoculantes foliares y del suelo para reconstruir su equilibrio biológico, mejorar la asimilación de nutrientes para que estén de esta manera disponibles, suprimir microorganismos patógenos indeseables por “exclusión competitiva o dominación absoluta” y de esta manera favorecer el crecimiento, rendimiento y protección de las plantas de cultivo (Fernández- Larrea, 2013).



Letras diferentes en las columnas presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

ns: no tiene significación

Figura 7: Efecto de ME-50 y ME-UCF sobre la distribución de enfermedades en las parcelas en estudio.

### III.3 Viabilidad económica del efecto de ME-50 y ME-UCF en las parcelas en estudio.

El análisis de los resultados económicos entre los tratamientos con ME-50 y ME-UCF (tabla 3) resultó que los ingresos aportados por los bioproductos tuvieron mayores ganancias que las parcelas testigo y los costos de los tratamientos fueron similares por ser bajo el costo de producción de los bioproductos. Similares resultados fueron obtenidos por Calero y Olivera (2014) y por Calero et al (2016), al evaluar el empleo de los bioproductos microorganismos eficientes y Azofert en la producción de frijol común, variedad Velazco largo en época de siembra tardía e intermedia respectivamente, al determinar que se incrementan las ganancias con respecto al control. A su vez, Calero et al (2015), evaluaron el empleo de tres concentraciones del bioproducto microorganismos nativos multipropósitos en la producción de dos variedades de frijol común. Sus resultados mostraron que la utilización del bioproducto de microorganismos nativos multipropósitos tuvo efecto positivo porque incrementa los indicadores agroproductivos del cultivo y logró producir rendimientos y ganancias superiores al testigo, superando la media de producción nacional, resultado que coincide con lo obtenido en este experimento.

Álvarez et al. (2012), al evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en col de repollo (*Brassica oleracea* L.) en condiciones de organopónico semiprotegido, obtuvo también un incremento en las ganancias con relación al testigo, resultado que a su vez, también obtuvo Zamora (2014), en el cultivo de la cebolla, cultivar Red Creole.

El control de los hongos del suelo mencionados mediante microorganismos eficientes lleva implícito el ahorro por concepto de compra de pesticidas, además disminuye la contaminación ambiental con productos poco biodegradables como son los pesticidas. Según Fernández-Larrea (2013), el uso de microorganismos eficientes contribuye a un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible, permite una producción a bajo costo, no contamina el medio ambiente y mantiene la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad.

Tabla 3. Viabilidad económica del efecto de ME-50 y ME-UCF en las parcelas en estudio.

Tratamientos y dosis (L.ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (t. ha <sup>-1</sup> )	Valor de la producción(\$. ha <sup>-1</sup> )	Costo Total (\$. ha <sup>-1</sup> )	Ganancia (\$)	Diferencia(\$)
ME-50 a 10	3,1	55933,00	13310,00	42623,00	37860,00
ME-50 a 7	2,8	50520,00	13301,00	37219,00	32456,00
ME-UCF a 10	2,5	45107,00	13300,00	31807,00	27044,00
ME-UCF a 7	1,5	27064,00	13294,00	13770,00	18037,00
Testigo	1,0	18043,00	13280,00	4763,00	--

Nota. La diferencia se determinó con respecto al testigo.

El precio de compra del frijol por la UEB Comercializadora de Productos Agropecuarios es de 18043,00 Cup la tonelada.

En tal sentido, Arias (2010); Moya (2012) comentan que el empleo de ME mejora la biota del suelo, las propiedades físicas del mismo y disminuye los costos de la producción, aumenta los rendimientos por cosechas y por lo tanto aumenta los ingresos del agricultor.

La utilidad de estos microorganismos es el uso seguro, su bajo costo, fácil manejo, amigable para el medio ambiente y el uso del 100% de materia orgánica, al ser un producto orgánico sin manipulación genética y es bien aceptado en toda clase de unidades productivas, ya sean agrícolas, pecuarias o ambientales Fernández-Larrea (2013).

Los resultados mostraron que la utilización del bioproducto de microorganismos eficientes tuvieron un efecto positivo en la sostenibilidad de la producción del frijol común porque incrementa los indicadores agroproductivos del cultivo, como la altura promedio de las plantas, el promedio de inflorescencias, promedio de vainas por planta, número de granos por vainas, el peso de 100 granos y logro producir rendimientos y ganancias superiores al testigo, superando la media de producción nacional y provincial.

## Conclusiones

1. Al analizar los indicadores morfológicos y el rendimiento agrícola, se determinó que todos los tratamientos a base de microorganismos eficientes evaluados, superaron estadísticamente al testigo, lo que demuestra la factibilidad del empleo de ambos biopreparados. El tratamiento con ME-50 a la dosis de 10 L.ha<sup>-1</sup>, resultó el mejor tratamiento, seguido por ME-50 a 7 L.ha<sup>-1</sup> y ME-UCF 10 L.ha<sup>-1</sup>.
2. En todos los tratamientos donde se emplearon los microorganismos eficientes, se logró una disminución (con valores inferiores al 5%) en la distribución de *Fusarium* sp y *Rizoctonia solani* L. , mientras que en el testigo, se observó un incremento, con valores máximos de 21 %.
3. Al determinar la Viabilidad económica del efecto de ME-50 y ME-UCF en el cultivo del frijol, todos los tratamientos evaluados superaron el testigo y los mejores fueron para ME-50 a la dosis de 10 L.ha<sup>-1</sup>.

## **Recomendaciones**

1. Evaluar otras dosis, número de aplicaciones y frecuencia de aplicación de ambos biopreparados.
2. Continuar los estudios de esta alternativa biológica en otras variedades del cultivo de frijol.
3. Realizar capacitaciones a los productores del municipio acerca de la producción y empleo de esta nueva alternativa biológica ecológicamente segura y que soluciona los problemas de fertilización y producción del cultivo.

## Bibliografía

- Acosta, G.; Adams, M.W (1992). Rasgos de la planta y estabilidad de rendimiento de cultivares de frijol en condiciones de estrés por sequía. *CIAT. Resúmenes sobre frijol*. 27 (1): 12.
- Aguilera, C. & Acosta, G. (1991). Estudio del sistema radical de 5 variedades de frijol bajo condiciones de invernadero. *CIAT Resúmenes sobre Frijol*. 16(2): 10
- Álvarez, J.L.; Mesa, J. R. & Jiménez, M. (2012). Desenvolvimento de um projecto inquiridor sobre a produção e introdução de um biopreparado biofertilizante de produção local na agricultura angolana. Metodologia da produção. En: Memórias do 1º Workshop. ISCED de Sumbe. 2012. Instituto Superior de Ciências da Educação de Sumbe. Universidade Katyavala Bwila. Benguela. República de Angola.
- Álvarez, J.L; Núñez, D.; Liriano, R.; Terence, G. (2012). Evaluación de la aplicación de microorganismos eficientes en col de repollo (*Brassica oleracea* L.) en condiciones de organopónico semiprotegido. *Centro Agrícola*. 39(4): 27-30. Disponible en: [http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V39-Numero\\_4/cag064121879.pdf](http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V39-Numero_4/cag064121879.pdf). Consultado en abril de 2016.
- Arias, A. (2010) Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 2(02), 42–45. Disponible en: <http://jci.uniautonoma.edu.co/2010/2010-7.pdf>. Consultado en abril de 2016.
- Ballesteros, D. A. (2008). *Efecto de la suplementación de EM. (Microorganismos Eficientes) en la alimentación de conejos Nueva Zelanda en la fase de ceba en la finca El Pedregal del municipio de Simijaca*. (Tesis de grado) Universidad de la Salle. Facultad de Zootecnia. Colombia. Disponible en: <http://www.terra.lasalle.edu.co>.
- Boyuelos, J.J.; Escalona, E. & Kuruvadi, S. (1996). Nitrógeno, abscisión de órganos reproductivos y rendimiento en frijón. *Agrociencia*. 30(4): 514-521
- Broughton, W.J; Hernández, G.; Blair, M.W; Beebe, S; Gepts, P. & Vanderleyden, J. (2003) Beans (*Phaseolus* spp.) model food legumes. *Plant and soil* 252: 55-128

- Calero, A. & Olivera, D. (2014), Utilización de microorganismos eficientes y Azofert en el comportamiento agroproductivo de la variedad de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), Velazco largo. Memorias de: XI Congreso de SEAE: «Agricultura ecológica familiar». Vitoria-Gasteiz (Álava), 1-4 octubre 2014. Disponible en: <http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/actas/cd-actas-xicongresoseae/actas/comunicaciones/86-utilizacion-frijol-calero-def2.pdf>  
Consultado en marzo de 2016
- Calero, A.; Olivera, D. & Meléndrez, J.F. (2016). Utilización de bioproductos en la producción sostenible del frijol común en época de siembra intermedia. Memorias de Universidad 2016.10º Congreso Internacional de Educación superior.
- Calero, A.; Olivera, D.; Pérez, Y. & Meléndrez, J.F. (2015). Empleo de tres concentraciones del bioproducto microorganismos nativos multipropósitos en la producción de dos variedades de frijol común. Memorias de YAYABOCIENCIA 2015. III Conferencia científica internacional de la UNISS. Disponible en: [http://biblioteca.uniss.edu.cu/sites/default/files/CD/Yayabociencia%202015/documentos/5-Prod\\_Agric/0Alexander%20Calero%20Hurtado.pdf](http://biblioteca.uniss.edu.cu/sites/default/files/CD/Yayabociencia%202015/documentos/5-Prod_Agric/0Alexander%20Calero%20Hurtado.pdf)
- Campo, A.P; Acosta, R.L; Morales, S. & Alonso, F. (2014). Evaluación de Microorganismos de Montaña (MM) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*.12 (1), 79-87. Disponible en:<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a10.pdf>.
- Carvajal, R. (2015). *Evaluación del efecto de los Microorganismos eficientes (EM) en la producción de posturas de Fruta Bomba (Carica papaya L.) en Cienfuegos*. (Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo). Universidad de Cienfuegos. Facultad de Ciencias Agrarias. Cienfuegos
- Castiñeira, L. (1992). Origen, diversidad y utilización del germoplasma cubano de frijol. *CIAT. Resúmenes sobre frijol*. 15 (2).Cali. Colombia.
- Castiñeira, L. (2001). Manejo y conservación in situ de recursos genético de plantas cultivadas en huertos caseros de Cuba. *Agricultura Orgánica*.

- Castiñeiras, L. (1994). The origin of the *P. vulgaris* L. in Cuba: phasolin patterns and their relationship with morpho-agronomical traits. *Plant Genetic Resources news letter*. p.9925-28.
- Cedrico, R. & Muñoz, C. (2002). Efecto de la fertilización con K-mag y microorganismos eficientes en el desarrollo vegetativo, producción, enfermedades e insectos en el cultivo de banano agroecológico (*Musa*), cv. Valeryen Bribri, Limón. I Congreso Nacional de Agricultura Conservacionista San José, 28 – 29 de noviembre del 2002.
- Chen, L.; Lou, & Cheng, Y. (2001). Effect of effective microorganisms and growth media on the growth of potted Taiwan cherry seedlings (*Prunus campanulata* Maxim). Disponible en: <http://www.emtech.org>
- Contino, Y, & Ojeda, F. (2006). Microorganismos Eficientes: impacto en la agricultura y la ganadería. Reflexiones. *Rvta. ACPA* (3). p. 23-24.
- Correa, J.R.; Reyes, J.J.; Andérez, M. & Prieto, O. (2012). Alternativa de fertilización biológica y orgánica en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), variedad Guamá en Holguín. Disponible en: [www.prinaagrotecnica.esalternativa](http://www.prinaagrotecnica.esalternativa)
- Coulibaly, S. (1999). PCR-derived analysis of genetic diversity and relationships within the *Phaseolus vulgaris* L. complex and in *Vigna unguiculata* L. PhD,
- Coutinho, M. F. (2011). Caderno dos Microrganismos Eficientes (EM). Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. 2a Edição. Disponible en: <http://www.sunnet.com.br/biblioteca/livros-e-textos/caderno-dos-microrganismos-eficientes.pdf>. Consultado Octubre/ 2015.
- Debouck, D.G; Hidalgo, R. (1985). Morfología de la planta de frijol común. En: *Frijol: Investigación y Producción*. La Habana: CIAT-PNUD.
- Delgado, J. (2007). Caracterización de 20 variedades nuevas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) para la UBPC cañera ‘Rosalia’, del municipio de Abreus. (Tesis en opción al título de ingeniero agrónomo) Universidad Carlos Rafael Rodríguez. Cienfuegos
- Delgado, Y. (2009). Evaluación de microorganismos eficientes, *Trichoderma* spp. y *Ecomic*® en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) en el

*Organopónico de la Universidad de Matanzas*. (Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo). Facultad de Agronomía. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.

Díaz, L.M; Buendía, H.F; Duque, M.C; Blair, M.W (2011) Genetic diversity of Colombian landraces of common bean as detected through the use of silver-stained and fluorescently labelled microsatellites *Plant Genetic Resources* 9: 86-96.

Díaz, M.F (1990). Crecimiento de la vaina y semillas del frijol. *Turrialba* 40(4): 553 - 561

EARTH (2008). Tecnología EM. EMRO (Effective Microorganismo Research Organization Inc.) Limón. Costa Rica. 16p

Ecologic Maintenances (2012) Microorganismos efectivos EM en la Agricultura. UweRolli. Yucatán. México. Disponible en <http://www.emmexico.com>.

FAO (2011). Pérdida de Biodiversidad Agrícola: Indicadores de Presión Estado Respuesta. Recuperado a partir de <http://www.virtualcentre.org/es/dec/>.

Fernández-Larrea, O. (2013). Microorganismos eficientes, usos y posibilidades de producción. I Taller Nacional sobre “Resultados del Empleo de los Microorganismos Eficientes en Cuba”. 23 y 24 de abril de 2013. Sancti Spíritus. Cuba.

Fundación de Asesorías para el Sector Rural (Fundases). (2014) Microorganismos Eficaces. Agrophos. Disponible en: <http://fundases.com/p/solbac.html>.

Gepts, P. (1991). Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L). Research for crop improvement.

Guio, E.T. (2010). *Evaluación del efecto de la utilización de microorganismos eficientes en el agua de bebida sobre los parámetros productivos de cerdos en etapa de levante en el municipio de Sotaquirá*. (Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de Zootecnista). Universidad Nacional Abierta y a Distancia CEAD Tunja. Colombia.

- Henríquez, G.R.; Prophete, E.; Orellana, C. (1995). *Manejo agronómico del cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Cali. CIAT. Colombia.
- Hidalgo, R. (1991). Colección Mundial de Phaseolus del CIAT. Common beans.34:163-197. *CIAT. Resúmenes sobre frijol*. 16(3): p-43.
- Higa, T. (1995). Studies on purification and recycling of animal waste using effective microorganism (EM). p. 7. Disponible en: [www.emtech.org](http://www.emtech.org).
- Higa, T. (2013). Microorganismos Benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles. Maryland (USA): Centro internacional de Investigación de Agricultura Natural
- Hurtado, J. (2001). Qué son microorganismos eficientes? Disponible en: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080731132826aa6mgb>
- Infante, V.D. (1990). Uso de técnicas nucleares en la obtención de nuevas variedades de frijol. (Tesis de Doctorado Ciencias Agrícolas), ISACA.
- Instituto de Sanidad Vegetal . (2011). *Metodología de señalización y pronóstico de las plagas y enfermedades*. La Habana: INISAV.
- Instituto de Suelos. (2006). La degradación de los suelos en Cuba. En: Resúmenes del Taller «La metodología LADA y la evaluación de las tierras de Cuba». La Habana, Cuba. p. 25.
- Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). (2009). Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura. (en línea) Disponible en: <http://www.idiaf.org.do/noticias/detallemain.php?recordID=971> .
- IRRI, (2002). Filipinas. La agencia para investigación y el desarrollo agrícola (AARD).
- Kohaschi - Shibata, J. (1990). *Aspectos de la morfología y fisiología del frijol (Phaseolus vulgaris) y su relación con el rendimiento*. Chapingo. Montecillo. México: Centro de Botánica Colegio de posgraduados.
- Kuruvadi, S.; Aguilera, D. M. (1992). Patrones del sistema radical en fríjol común. *CIAT. Resúmenes sobre fríjol*. 17 (1): 11.

LABIOFAM/INIFAT (2013). Catálogo: Bioproductos para uso agrícola.

Ladino, G.; Rodríguez, J.A. (2009). Efecto de *Lactobacillus casei*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodopseudomonas palustris* (microorganismos eficientes EM) y melaza en la ganancia de peso de tilapias (*Oreochromis sp*) en condiciones de laboratorio. *Orinoquia*. 13(1), p. 31-36. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89612776006> .

López, B.A. y Medina, I.E. (2011). Efecto de la aplicación de Microorganismos Eficientes (EM) sobre la calidad de efluentes en Porcicultura. (Tesis para optar el título de Ingeniero Agropecuario). Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Colombia.

Medina, N. (2009). La biofertilización con hongos micorrizógenos como fuente de nitrógeno para la producción de tomate (*Lycopersicon sculentum*, Mill). IV Taller de biofertilizantes en los trópicos. Programas y resúmenes. XI Seminario del INCA. La Habana. Cuba. p 190.

Mejias, D.; C.; Ferrera, R. y Kohaschi – Shibata, J. (1987). Inoculación con *Rhizobium* y su efecto en los componentes del rendimiento en cuatro especies de *Phaseolus*. *Chapingo*. 12 (54-55): 37-42.

Melgar, C.; Barba, E.; Álvarez, C.; Tovilla, C. y Sánchez, A. (2013). Efecto de microorganismos con potencial probiótico en la calidad del agua y el crecimiento de camarón *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en cultivo intensivo. *Revista Biología Tropical*, 1(3), p. 1215-1228.

Mesa, J.R.; Carvajal, R. & Almogoea, M. (2015). Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en la producción de posturas de fruta bomba (*Carica papaya* L.)". *Agroecosistemas*. 3 (1): 372- 378,

Miklas, P.N. & Singh, S.P (2007) *Common Bean*. In: *Genome Mapping an Molecular Breeding in Plants* . Berlin: Ed. C. KOLE

Milian, P.R. (2015). *Evaluación del efecto de ME-50 en la variedad de arroz Prosequisa 4 en el municipio Aguada de Pasajeros*. (Trabajo de Diploma) Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos.

- MINAG (2012) *Indicaciones generales para el desarrollo de los cultivos varios en sus diferentes tecnologías*. La Habana: MINAGRI
- Moran, M. & Bárrales, D. (1990). Colectas de frijol, su comportamiento y floración en temporal. *Chapingo*. 16(71-72): 68 -72.
- Moya, J.C. (2012). Cómo hacer microorganismos eficientes. Ministerio de agricultura y ganadería dirección regional central occidental. Disponible en <http://fundases.com/p/solbac.html>.
- Navia, C.A.; Zemanate, Y.; Morales, S.; Prado, F.A. & Albánlópez, N. (2013). Evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de cosecha de tomate. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial (2)*, p. 165 - 173.
- Oficina nacional de Normalización. (2008) NC 618:2008; Ensayos de semillas agrícolas - Determinación de la germinación. La Habana: Oficina nacional de Normalización
- Núñez, C. F. (2011). *Efecto de dos cepas de Rhizobium sp. Y microorganismos efectivos en el rendimiento de grano seco de frijol (Phaseolus vulgaris L.) cultivar Canario Centenario en costa central*. (Tesis para optar el Título de: Ingeniero agrónomo. Facultad de Agronomía.) Universidad Nacional Agraria La Molina
- ONEI (2015). Anuario estadístico de Cienfuegos: Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. Cienfuegos: ONEI
- Pedraza, R.O.; Teixeira, K.; Fernández, A.; García de Salamone, I.; Baca, B.; Azcón, R.; Baldani, V. & Bonilla, R. (2010) Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 11 (2),p 155-164.
- Peñañiel, B.; Donoso, M. (2009). Evaluación de diferentes dosis de Microorganismos Eficientes (ME) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) híbrido Atar Ha-435. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2418/1/4762.pdf> . Consultado en abril de 2016.

- Pupo, L. (2009). Evaluación de 9 líneas de frijol rojo (*Phaseolus Vulgaris L.*) en las condiciones edafoclimáticas del Municipio de Majibacoa.
- Ríos, M.J.; Quirós, J.E. (2002). *El frijol (Phaseolus vulgaris L.): cultivo, beneficio y variedades*. Federación Nacional de cultivadores de cereales (Fenalce): 141 - 151.
- Rodríguez, H. de la C.; Barreto, G.; Bertot, A.; Vázquez, R. (2013). Los microorganismos eficientes como promotores del crecimiento en los cerdos hasta el destete. *Revista electrónica de Veterinaria* 14 (9) Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090913.html>.
- Rojas, B., J. R. (1990). Validación de un modelo de predicción para rendimiento de grano de frijol. *Agrociencia. México*. 1 (4): 8 -24.
- Sadeghian, K. S. (1991). *Influencia de algunas características de las semillas y plántulas de frijol sobre la tolerancia a baja disponibilidad de P en el suelo*. (Tesis Ing. Agrónomo. Palmira). Universidad Nacional de Colombia. Colombia
- Salgado, L. (2009). Tecnología EM® - Microorganismos Eficaces. Disponible en: <http://www.ecotecnologias.com.ve>.
- Sánchez, S.; Hernández, M. & Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Revistas Pastos y Forrajes*, 34(4), p. 375-392.
- Seddon, I. (2004). El uso de sustancias alimentarias alternativas en las dietas porcinas (en línea). Artículo Técnico, Foro de Porcicultura. Comunidad de Negocios Internacionales Relacionados con la Producción Animal. Consultado el 28 de septiembre del 2009 .Disponible en: <http://www.engormix.com/nuevo/prueba/areadeporcicultura1.asp?valor=323>. Consultado en Abril de 2016.
- Sierra, M.V. (2010). Evaluación de los parámetros zootécnicos obtenidos en conejos de raza Nueva Zelanda y California suplementados con Microorganismos Eficientes. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Tunja. Colombia.

- Silva, M. (2014). Microbiología General. Recuperado a partir de: <http://microbiologiageneral.blogspot.com/2009/05/microorganismos-eficientes.html>.(Consulta: Diciembre 2014).
- Singh, S. & Urrea, C. (2001). *Genetic diversity in cultivated common bean. II. Marker-based analysis on morphological and agronomic traits*. Crop Sci.
- Singh, S.P.; Nodari, R. & Gepts, P.(1991).Genetic diversity in cultivated common bean: *I. Alloenzymes*. *Crop Sci. a*, 31, p.19-23.
- Socorro, Q. M. & Martín , F. D. (1989). *Granos*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Terry, E.; Leyva, A.; Hernández, A. (2005). Microorganismos benéficos como fertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum, Mill*). *Rev. Colomb. Biotecnol.* 7(2): 47-54.
- Toalombo, R.M. (2012). Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*). (Trabajo de investigación estructurado de manera independiente presentado como requisito para optar el título de Ingeniera Agrónoma). Universidad Técnica de Ambato. Cevallos – Ecuador. Disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/2217/Tesis-22agr.pdf?sequence=1>
- Vargas, M.; González-Martínez, C.; Chiralt, A. & Cháfer, M. (2007). Estudio preliminar del uso de recubrimientos de quitosano y de microorganismos eficaces en el control postcosecha de la podredumbre azul de naranjas. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Disponible en:<http://www.horticom.com/pd/imagenes/72/654/72654.pdf>. Consultado en abril de 2016.
- Yan, X. et al.(2005). “Molecular mapping of QTLs associated with root hairs and acid exudation as related to phosphorous uptake in common bean”, en *Plant Soil* (en prensa).
- Yera, J. (2014). *Evaluación del efecto de los bioestimulantes Biobras-16 y EM-50 en la fase morfológica en la variedad de arroz IA-Cuba-31*. (Trabajo de Diploma

para optar por el título de Ingeniero Agrónomo). Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”.

Zamora, M. (2014). *Evaluación de la Influencia de fertilizantes orgánicos, biológicos y minerales en el cultivo de la cebolla, cultivar Red Creole*. (Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero Agrónomo). Universidad de Las Tunas “Vladimir Ilich Lenin”.

## Anexos

Tabla. 2 Relación de gastos efectuados con los tratamientos realizados en las parcelas en estudio.

<b>Actividades</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
Chapea mecanizada	ha	1	240,00	240,00
Picadora	ha	4	120,00	480,00
Surque y tape	ha	1	240,00	240,00
Fertilización a fondo surco (NPK)	Sacos	10	65,63	656,30
Fertilización (N)	Sacos	5	37,40	374,00
Semilla	Kg	70	28,90	2023,00
Cultivos	ha	3	120,00	360,00
Fuerza de trabajo	Jornales	14	100,00	1400,00
Riego a niego con turbina de petróleo	Jornales	11	100,00	1100,00
Combustibles (petróleo) asignado	Lt	437	3,00	1311,00
Combustibles (petróleo) extra	Lt	100	20,00	2000,00
<b>Herbicidas</b>				
Ágil	Lt	1	87,00	87,00
Ben	Lt	1	66,50	66,50
Furore	Lt	1	14,25	14,25
Insecticida	Lt	12	100,00	1200,00
Dilan	Lt	1	28,50	28,50

Fuerza de trabajo	Jornales	5	100,00	500,00
Cosecha	Jornales	12	100,00	1200,00
<b>Subtotal</b>				<b>13280,00</b>
ME-UCF a 7	Lt	7	3,00	21,00
ME-UCF a 7	Lt	7	2,00	14,00
ME-UCF a 10	Lt	10	3,00	30,00
ME-UCF a 10	Lt	10	2,00	20,00



Figura 8: ME-50 y ME-UCF bioestimulantes y bioplaguicidas aplicados en las parcelas experimentales de la Finca “Los Almeidas”.



Figura 9: Preparación de suelo, fertilización y siembra de frijol variedad CUL 156 realizada en el área de la investigación.



Figura 10: Semilla utilizada en la siembra de frijol variedad CUL 156 realizada en el área de la investigación.

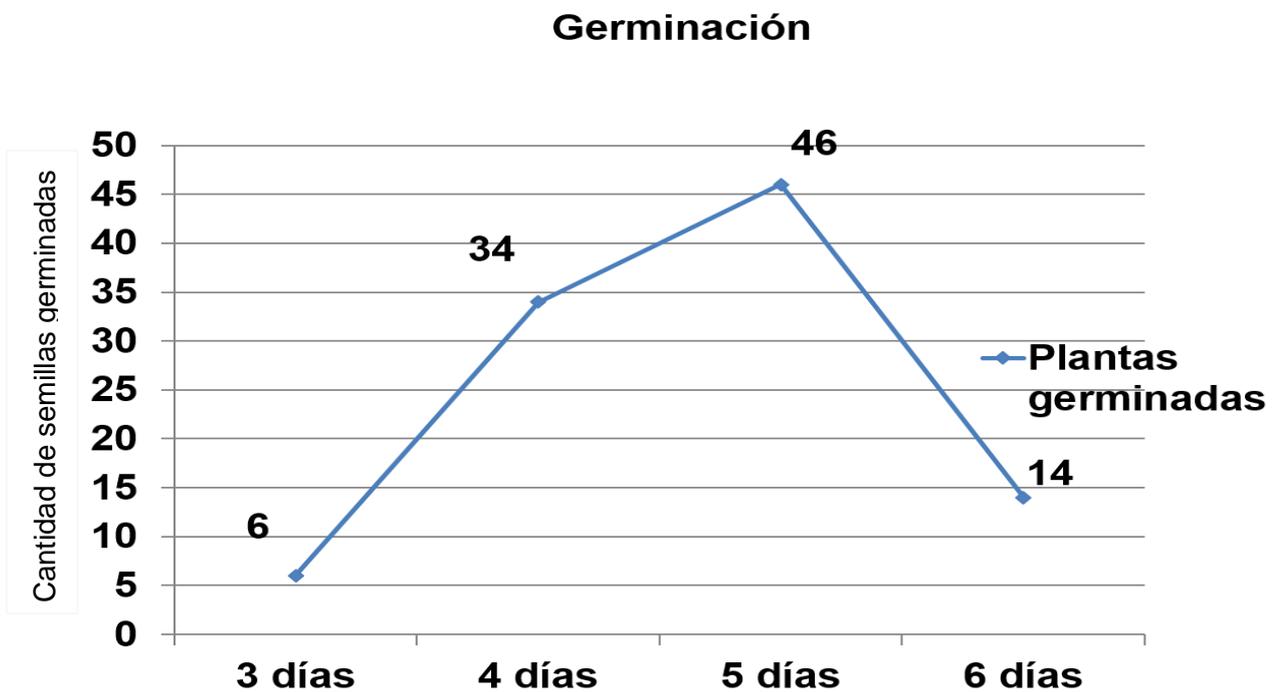


Figura 11: Prueba de germinación.



Figura 12: Muestréos realizados a las parcelas experimentales en el momento de la germinación de la semilla de frijol variedad CUL 156.



Figura 13: Primer muestreo y aplicación realizada de ME-50 a las parcelas experimentales de frijol variedad CUL 156 a los 10 días de germinado.



Figura 14: Segundo muestreo y aplicación realizada de ME-50 y ME-UCF en las parcelas experimentales a los 20 días de germinado.



Figura 15: Tercer muestreo y aplicación realizada a las parcelas experimentales de ME-50 a los 30 días de germinado.



Figura 16: Tercer muestreo realizado a las parcelas experimentales de ME-UCF y testigo a los 30 días de germinado.



Figura 17: Cuarto muestreo realizado a las parcelas experimentales de ME-50 a los 40 días de germinado.



Figura 18: Cuarto muestreo realizado a las parcelas experimentales de ME- UCF a los 40 días de germinado.



Figura 19: Cuarto muestreo realizado a las parcelas experimentales testigo a los 40 días de germinado.

