



Trabajo de Diploma

Titulo: Efecto de EcoMic® y combinaciones de NPK sobre el desarrollo, rendimiento y la eficiencia en *Phaseolus vulgaris* L.

Tesis en Opción al título de Ingeniero Agrónomo.

Autor: Nieves Villegas Contreras.

Tutor: Ing. José L. Díaz Cabo.

Cienfuegos, 2012.

Como una semilla.

Agua, tierra y aire, se contaminan cada vez más con sustancias químicas y radiactivas poniendo en peligro sus vidas. Si pensamos que nuestro bienestar no solo depende de la solidaridad ,comunicación y de los cambios de hábitos , sino también del equilibrio ambiental , nuestro cuerpo aprenderá a curarse por sí solo . De eso se trata. Igual que una semilla: A ella no hace falta crecer, basta con crearle las condiciones adecuadas y sabrá hacerlo por sí misma.

No es posible dejar de agradecer a nuestra Revolución Socialista por darnos la oportunidad de formarnos, a mis hijos y esposo que con su amor, esfuerzo y dedicación se lo merecen. A toda mi familia y compañeros que de una forma u otra siempre me apoyaron.

Resumen

La investigación fue realizada en el municipio de Cienfuegos, siendo objeto de estudio el frijol en la localidad de La Josefa, enclavada en las áreas de la CCSF “Manuel Ascunce Domenech” utilizándose una finca de dicha CCS “Arroyo Arena” del productor Rubén González, durante los meses de febrero y abril del 2012. La misma tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de micorrizas y combinaciones de NPK sobre el desarrollo de la productividad y la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L. en el uso de los fertilizantes potásicos. Para dar cumplimiento al objetivo planteado se evaluó el efecto de la aplicación de EcoMic® y combinaciones de K sobre el desarrollo y la productividad agrícola y la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L. en el uso de los fertilizantes potásicos en un suelo Pardo sialítico cálcico; así como se evaluó la factibilidad económica de las variantes en estudio. Los resultados permiten concluir que la aplicación de EcoMic® con el uso de la especie *Glomus hoi like* incrementa el desarrollo en grosor del tallo, la productividad y la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L. en el uso de los fertilizantes potásicos y los mayores rendimientos se obtuvieron cuando se aplicó EcoMic® combinado con 90, 60 y 75 kg.ha⁻¹ de Nitrógeno, Fósforo y Potasio respectivamente, siendo el tratamiento más viable económicamente.

Palabras Claves: Fríjol, Micorriza y Potasio.

Índice

| | |
|--|----|
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Revisión Bibliográfica | 3 |
| 2.1. Origen del Frijol y Distribución | 3 |
| 2.1.1. Importancia | 3 |
| 2.1.2. Morfología y Taxonomía del Cultivo del Frijol Común | 3 |
| 2.1.3. Fenología | 7 |
| 2.1.4. Tecnologías de Producción | 9 |
| 2.2. Micorriza | 11 |
| 2.2.1. Simbiosis Micorrizicas | 11 |
| 2.2.2. Micorriza en la Nutrición Vegetal | 13 |
| 2.2.3. Nutrición Potásica | 13 |
| 2.2.4. Efecto de las Micorrizas | 14 |
| 2.2.5. Tipos de Micorrizas | 15 |
| 2.2.6. Clasificación Taxonómica de los HMA | 16 |
| 2.2.7. Condiciones Edafoclimáticas | 16 |
| 2.2.8. Factores Físicos y Químicos | 17 |
| 2.2.9. Absorción de otros Elementos | 17 |
| 2.2.10. Factores Bióticos | 18 |
| 3.1. Características del Suelo | 20 |
| 3.2. Condiciones Climáticas | 20 |
| 3.3. Diseño Experimental | 20 |
| 3.4. Evaluación económica | 22 |
| 4. Resultados y Discusión | 23 |
| 4.1. Altura del Tallo | 23 |
| 4.2. Grosor del Tallo | 23 |
| 4.3. Masa de Vainas por Plantas | 24 |
| 4.4. Número de Granos por Plantas | 24 |
| 4.5. Masa de 1000 Granos por Plantas | 24 |
| 4.6. Rendimiento | 25 |
| 4.7. Evaluación Económica | 25 |
| 5. Conclusiones: | 26 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 6. Recomendaciones: | 27 |
| 7. Bibliografía: | 28 |

1. Introducción

La agricultura esta llamada a satisfacer necesidades sociales no solo alimentarias, sino también las que conciernan al cultivo de plantas medicinales y ornamentales y la crianza de animales de importancia afectiva.

Desde entonces la degradación de los recursos naturales es una realidad global. El proceso afecta suelos, bosques, aguas, tierras agrícolas y hasta ecosistemas marinos. Las causas y consecuencias principales de estos procesos se manifiestan a niveles biofísicos, sociales y económicos.

Las actividades del hombre han provocado cambios del medio ambiente de forma considerable. Este problema conjuntamente con el crecimiento paulatino de la población, hace suponer que habrá un aumento de la demanda de alimentos entre los años 2000-2025 entre un 45-50% (Hernández et. al., 2004).

Uno de los aspectos que limita el incremento de los rendimientos es la disminución entre el 70 y 80 % de la aplicación de fertilizantes minerales para los cultivos varios, puesto que el país no cuenta con las divisas necesarias para la adquisición de estos insumos (MINAGRI, 2010). Su uso implica no solo un costo y requerimientos energéticos elevados, sino que su aporte indiscriminado pudiera provocar problemas de salinización y contaminación del manto freático. El desarrollo vegetal puede incrementarse por la utilización de elementos biológicos que actúan de forma coordinada en la interfase suelo - raíz, entre estos y como factor imprescindible se encuentran los hongos formadores de micorrizas arbusculares (Fernández, 1999).

En Cuba en los últimos años y en el marco del Programa Micorrizas INCA y de la red de manejo de la simbiosis en agrosistemas, se han alcanzado avances importantes en los manejos de los inoculantes micorrízicos y de su inclusión en los sistemas de producción agrícola. Entre los principales retos actuales se encuentran los asociados con el establecimiento de sistemas integrados de suministro de nutrientes basados en el modelo planta micorrizada eficientemente e integrando los criterios de fertilidad de suelo y de la nutrición de las plantas (Rivera, 2010).

El fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.), se considera uno de los alimentos básicos, ya que representa un alto aporte proteico y calórico. Su producción en América tropical y subtropical asciende a más de cuatro millones de toneladas al año, siendo los mayores productores Brasil y México,

con cinco y dos millones de hectáreas cultivadas, mientras que en los países de Centroamérica se cultivan aproximadamente 500 mil hectáreas y en el Caribe, particularmente Cuba, República Dominicana y Haití, la cifra asciende a 250 mil hectáreas (Wikipedia, 2008).

El cultivo de frijol constituye la fuente de proteína más importante para los países pobres y sus granos son fuentes portadoras de energía a través de su contenido de carbohidratos y grasas. La fertilización del cultivo es esencial para la obtención de altos rendimientos y más en nuestros días donde la degradación de los suelos está avanzando aceleradamente. El uso de biofertilizantes es una alternativa para nuestros productores además de constituir una medida que mejora la biodiversidad biológica y disminuye los gastos en agroquímicos.

Por tales motivos se hace necesario conocer los efectos de los HMA (*EcoMic®*) que permitan mejorar la eficiencia en utilización de los fertilizantes minerales y de esta forma compensar el déficit de éstos y las necesidades nutricionales de este cultivo, para obtener adecuados rendimientos sin agotar las reservas del suelo en una agricultura sostenible.

Problema Científico:

¿Cuál es el efecto de la aplicación de *EcoMic®* y combinaciones de Potasio (K) sobre el desarrollo, la productividad y la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L en el uso de los fertilizantes potásicos?

Por el problema antes expuesto, se planteó la siguiente:

Hipótesis de la Investigación:

La aplicación de *EcoMic®* con la especie de HMA *Glomus hoi like*; permitirá incrementar la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L. en el uso de fertilizantes minerales potásicos.

Por lo antes planteado se trazó el siguiente objetivo:

Objetivo General:

Evaluar el efecto de la aplicación de micorrizas y combinaciones de NPK sobre el desarrollo, la productividad y la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L. en el uso de los fertilizantes potásicos.

Objetivos Específicos:

- 1- Evaluar el efecto de la aplicación de *EcoMic®* y combinaciones de NPK sobre el desarrollo, la productividad agrícola y la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L. en el uso de los fertilizantes potásicos en un suelo Pardo mullido con carbonatos.
- 2- Evaluar la factibilidad económica de las variantes en estudio.

2. Revisión Bibliográfica

2.1. Origen del Frijol y Distribución

Los estudios de Nicolai I. Vavilov sobre el origen de las plantas han puesto de manifiesto que la mayor parte de las leguminosas de granos han tenido dos centros de origen: Uno en el sudeste de Asia y otro en la región del mediterráneo. La judía común ó frijol común tiene su origen en América del Sur (Perú, Ecuador, Bolivia), América Central y sur de México (incluyendo las Antillas). En Europa fue introducida poco después del descubrimiento y desde entonces su cultivo ha ido adquiriendo importancia creciente, extendiéndose por ambos hemisferios en las zonas tropicales, subtropicales y templadas a merced de la capacidad de adaptación de su gran número de variedades y tipos es, sin dudas, la especie más importante del género (Box, 1961).

Se han realizado numerosos estudios sobre la distribución y la variabilidad de *P.vulgaris* L, cuya área se extiende desde México hasta el noroeste de Argentina (Mora1997), determinándose que existen dos acervos genéticos diferentes: uno mesoamericano y otro andino (comprendiendo este último el sur de Perú, Bolivia y noroeste de Argentina), y admitiendo que existe un tercer grupo con características intermedias ubicado entre ambas áreas, pero se desconoce si constituye un grupo ancestral. Los resultados de estudios exomorfológicos seminales y RAPDs obtenidos por Mora (1997) evidenciaron la existencia de híbridos e introgresantes entre *P.vulgaris* L var. *aborigineus* ("wild forms", según los autores) y formas cultivadas de *P.vulgaris* en varias poblaciones bolivianas.

2.1.1. Importancia

Puentes (1994), el frijol contiene tantas calorías por unidad de peso fresco como los granos cereales, la leche desnatada y la soya y casi el doble que la carne, el pescado y los huevos. Con base en peso fresco igual, el contenido de proteínas del *Phaseolus vulgaris* L es superado solamente por la soya y la leche desnatada en polvo y es más del doble que el de granos cereales. Además es una buena fuente de carbohidratos y contiene un porcentaje relativamente bajo de grasas, es una fuente de vitaminas del complejo B, tiamina, riboflavina y niacina, posee un adecuado contenido de minerales Ca, Fe, por otra parte su valor energético es elevado.

2.1.2. Morfología y Taxonomía del Cultivo del Frijol Común

El frijol común pertenece al género *Phaseolus* y recibe el nombre científico de *Phaseolus*

vulgaris L. Según Cronquist citado por Franco et al.; (2004), su ubicación taxonómica es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: Phaseolus

Especie: Phaseolus vulgaris L.

El estudio de la morfología del frijol incluye: raíz, tallo y ramas, hojas, flor, fruto y semillas. Cuando las semillas viables se les proporcionan 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 Baudoin 2001.

La radícula continúa creciendo, se convertirá en raíz principal, de la parte distal, emite raíces secundarias, las raíces secundarias dan origen a las raíces terciarias, estas 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 hacer fasciculado, fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación, incluso dentro de una misma variedad, el tipo de raíz pivotante autentica se presenta en bajo porcentaje, puede presentar nódulos distribuidos en la parte media y superior del sistema radical Vavilov 1951, el número de raíces principales es una característica varietal.

En general, el sistema varietal es poco profundo, la mayoría de las raíces se encuentran en los primeros 20cm de profundidad del suelo, en condiciones muy favorables pueden alcanzar más de 1m de longitud Franco 2004. Un sistema radical profundo y bien desarrollado confiere tolerancia a la sequía, es controlada por genes, lo que puede ser modificado por el ambiente y manipularse a través del mejoramiento genético Alemán R., Gil V., Quintero E. 2008 expuso que el desarrollo de la raíz varia no solo con la especie y variedad, sino también con las características físico y químicas del suelos.

El tallo principal se origina del meristemo apical del embrión de las semillas, identificado como el eje central de la planta, formado por una sucesión de nudos y entre nudos, tiene los cotiledones en posición opuesta (Henríquez, Prophete y Orellana, 1995).

La primera parte del tallo comprendida entre la inserción de las raíces y el primer nudo (cotiledón) se llama hipó cotilo entre el nudo de los cotiledones y el de las hojas primarias, se encuentra un entrenudo real llamado épico tilo. Los primeros nudos (cotiledones y de las hojas primarias) son formados durante la embriogénesis, por lo tanto existen ya en la semillas (Rodríguez, 1999).

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) (Rodríguez, 1999).

El tallo puede seguir creciendo debido a la actividad de la yema apical. En el caso de plantas de hábitos de crecimiento indeterminado, esta puede permanecer en estado vegetativo durante la vida de la planta, pueden ser arbustiva 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 las plantas presentan entonces un hábito determinado “ tipo I “ (Tapia, 1983).

El tallo es herbáceo, con sección cilíndrica o levemente angular, tiene generalmente un diámetro mayor que las ramas. Puede ser erecto, semi-postrado o postrado, según el hábito de crecimiento; pero tiende a hacer vertical. Algunas características del tallo son utilizadas en la identificación de variedades: el color, la pilosidad, los números 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 (Alemán R., Gil V., Quintero E., Saucedo O., Álvarez U., 2008).

Según estos mismos autores la planta de frijol 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, en desarrollo tiende hacer reproductivo.

De este complejo axilar además de ramas se pueden desarrollar inflorescencia; dependiendo de la posición de la planta. Las yemas pueden tener tres tipos de desarrollo: vegetativo, floral y vegetativo y completamente floral.

Las hojas son simples y compuesta, 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, opuesta, cardiformes, 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. 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 acuminados, enteros, de forma ovalada a triangular, principalmente cardiforme, pero sin aurículas; son glabras o subglabras. Existe variación en el color y pilosidad de las hojas, relacionados con la variedad, la posición en el tallo y la edad de la planta.

Las inflorescencias pueden ser auxiliares y terminales, se originan de un complejo de tres yemas (triada 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 triada 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 triada floral. De esta nueva triada puede resultar una tercera flor, normalmente no se desarrolla. Este fenómeno se repite en todas las inserciones de la inflorescencia.

La flor es típica papilionácea, ocurre en inflorescencia en racimos, 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 vaina 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 en menores de 3cm de longitud, la de mayor

longitud generalmente ya no sufren abscisión (Tapia, 1983).

El fruto es una vaina con dos valvas, consta de semillas, pericarpios (vainas sin semillas), dos suturas, dorsal o placental y la sutura ventral. Los óvulos (futuras semillas) alternan en las suturas placental.

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 anthesis hasta los 12 y 18 días, después el crecimiento es más lento hasta la madurez fisiológica cuando prácticamente se detiene (Vavilov, A. 1951).

La textura de la vaina presenta tres tipos de dehiscencia: el pergaminoso, el coriáceo y el tipo carnoso o no fibroso.

La semilla se origina de un óvulo compilótropo, es ex albuminosa, es decir, no posee albumen; a su madurez carece de endospermo, las reservas nutritivas se concentran en los cotiledones. Según Franco (2004), las reservas cotiledonales suplen las necesidades de la plántula más o menos hasta los 12 días después de la siembra. Tiene amplia variación de colores, forma y tamaño (pequeño, medio y grande) La floración, el desarrollo del fruto y la semilla son eventos esenciales en la formación del rendimiento de las plantas cultivadas (Puentes, Isidró, Maira. 1994).

2.1.3. Fenología

Fenofases del Cultivo del Frijol

| FASE VEGETATIVA | FASE REPRODUCTIVA |
|---|---|
| <p>V₀ – Germinación: Desde el primer riego hasta que el hipocotilo crece y los cotiledones quedan al nivel del suelo.</p> | <p>R₅ –Prefloración: Aparece el primer botón floral o racimo. Se abre la flor.</p> |
| <p>V₁ – Emergencia: Inicia cuando los cotiledones aparecen al nivel del suelo. El hipocotilo sigue creciendo y se endereza hasta el tamaño máximo. Cuando está erecto los cotiledones quedan por encima del nivel del suelo, comienzan a separarse y se nota que el hipocotilo ha empezado a desarrollarse.</p> | <p>R₆ –Floración: El 50% de la población tiene la flor abierta. La corola se marchita, cuelga o se desprende. La vaina inicia su crecimiento.</p> |

| | |
|---|---|
| <p>Despliegue de las hojas primarias.</p> | |
| <p>V₂ –Hojas primarias: Comienza con las hojas primarias desplegadas.</p> <p>Las hojas primarias están desplegadas cuando las láminas de los folíolos están en un solo plano, la hoja no ha alcanzado su tamaño máximo y es corto el entrenudo entre las hojas primarias y la primera hoja trifoliada.</p> <p>Los cotiledones pierden su forma y se arquean.</p> <p>Comienza el crecimiento de la primera hoja trifoliada y continúa su desarrollo hasta desplegarse completamente.</p> | <p>R₇ –Formación:</p> <p>Desarrollo de valvas y vainas, el 50% de la población tiene la primera vaina con corola colgada o desprendida.</p> <p>Crecimiento longitudinal de la vaina y poco crecimiento de las semillas.</p> <p>Llenado de vainas, tamaño y peso final.</p> |
| <p>V₃ –Primera hoja trifoliada: Inicia con la primera hoja trifoliada abierta y plana.</p> <p>Crece el pecíolo y el entrenudo y la primera hoja trifoliada crece por encima de las hojas primarias.</p> <p>Aparece la segunda hoja trifoliada, los cotiledones se secan y caen. El tallo sigue creciendo, la segunda hoja trifoliada se abre y la tercera hoja trifoliada se despliega.</p> | <p>R₈ – Llenado de vainas: El 50% de la población tiene la primera vaina llena.</p> <p>Crecimiento activo de las semillas. En este momento no puede cosecharse porque los granos serían dañados mecánicamente y por la acción de los microorganismos que ocasionan una elevación de la temperatura de la masa de granos, con su consiguiente deterioro.</p> |
| <p>V₄ –Tercera hoja trifoliada: Inicia con la tercera hoja trifoliada desplegada, la cual se observa por debajo de la primera y la segunda hoja trifoliada.</p> <p>Se hacen diferenciales tallo, ramas y otras hojas trifoliadas que se desarrollan a partir de las triadas de yemas que están en las axilas.</p> | <p>R₉ –Maduración:</p> <p>Secado y decoloración de las vainas.</p> <p>Amarillamiento y caída de hojas.</p> <p>Contenido de agua baja hasta el 15%.</p> <p>Coloración típica de la variedad.</p> <p>A partir de esta etapa conjuntamente con el cambio de coloración y caída de las hojas de la planta, se inicia un rápido proceso de</p> |

| | |
|--|--|
| <p>V_{4,4} –Es una subetapa de la V₄: Comienza cuando la cuarta hoja trifoliada está desplegada. (Pueden existir varias subetapas hasta que aparezca el primer botón floral o racimo).</p> | <p>pérdida de humedad del grano (R₉) hasta alcanzar valores del 18- 20 % de humedad, momento adecuado para el consumo.</p> |
|--|--|

2.1.4. Tecnologías de Producción

Alemán y col. (2008), para la producción de granos en condiciones de sostenibilidad refieren:

Periodo de siembra en Cuba: Septiembre-Febrero

Densidades y espaciamientos de siembra depende de:

- Sistema de cultivo: en asociación o en monocultivo (unicultivo).
- Tecnología empleada: Uso o no de la mecanización para las diferentes labores del cultivo, control de malezas de forma manual, mecánica o con herbicidas; disponibilidad o no de riego y sistema de riego a utilizar.
- Hábito de crecimiento de las variedades, fundamentalmente entre las no trepadoras y las trepadoras que necesitan de soportes o tutores.
- Criterios regionales, personales e incluso la tradición.

Principales distancias de camellón empleadas:

- 0.90 surco sencillo.
- 0.90 doble surco.
- 0.70 surco sencillo.
- 0.45 surco sencillo.
- 0.35 surco sencillo.

Principales distancias de narigón empleadas:

- 0.20 (dos a tres semillas por golpe).
- 0.30 (dos a tres semillas por golpe).
- 0.10 (1 semilla por golpe).
- 0.05 (1 semilla por golpe o chorrillo, 20 semillas por m lineal).

Densidad de población óptima:

- 20 -30 pl/m² (200 -300 mil pl/ha).

Norma de siembra:

- 50 -100 Kg/ha.

Profundidad tape. Depende de:

- Humedad del suelo.
- Características físicas del suelo.
- Tamaño de la semilla.

Recomendado:

- 2-3 cm en suelos arcillosos y pesados o sin limitación de humedad para la germinación.
- 3-5 cm en suelos arenosos y ligeros o con humedad limitante.

Modalidad de siembra:

- En el fondo del surco.
- Sobre el camellón.
- Sobre suelo plano (sembradora).

Manejo del agua:

- Etapas muy sensibles (máxima demanda).
- Germinación, Floración, Fructificación.

Frecuencia de riego:

- 6 - 7 días en suelos desecantes.
- 10-12 días en suelos arcillosos de alta retención de humedad.
- Norma parcial de riego: 250-300 m³/ha

Cantidad de riegos:

- 10 - 12 en suelos desecantes.
- 6 - 7 en suelos de alta retención de humedad.

Drenaje:

Evitar la saturación prolongada y el encharcamiento.

Fertilización:

- Inoculación con *Rhizobium*.
- Fertilizante nitrogenado: 30-50 Kg/ha de N (120 sin *Rhizobium*).
- Fertilizante fosfórico: 60-90 Kg/ha de P₂O₅.
- Fertilizante potásico: Hasta 135 Kg/ha de K₂O.

2.2. Micorriza

Es interesante destacar que la historia de la micorriza se remonta a unos 400 millones de años, específicamente al periodo Devónico, a partir del cual hongos y plantas han coevolucionado hasta lo que son hoy en día (González, C. y R. Ferrera, 1994).

Sin embargo, el vocablo Micorriza fue empleado por primera vez y con un interés puramente sistemático, por el ilustre botánico de origen alemán Albert Bernard Frank en el año 1885, para designar “la asociación que se producía entre las hifas de algunos hongos del suelo con los órganos subterráneos de la gran mayoría de las plantas superiores”.

Desde el punto de vista etimológico, la palabra se formó a partir del término griego “mykos” (hongo) y del vocablo latino “rhiza” (raíz).

Existe una fuerte evidencia que la evolución inicial de las plantas terrestre estuvo asistida por la colonización de micorrizas arbusculares, sin embargo, también es cierto que otro tipo de simbiosis, tanto de hongos como de bacteria han evolucionado desde entonces subsecuentemente con ella (Riera M.N, Falcón E., Pérez A., Alcantara I. 2010).

Las micorrizas tienen un amplio rango de tipos y hongos que la originan, demostrando por lo tanto que no solo representan una simple clase evolutiva, sino tipos de asociaciones que han evolucionado repetidamente, en respuesta a las distintas presiones del medio circundante apareciendo de esta forma varios tipo de asociaciones micorrizicas.

Esta maravillosa unión se define como una asociación simbiótica (Rivera R. 2010) pues ambos organismos establecen sucesivos intercambios de sustancias nutritivas, metabolitos esenciales y sustancias hormonales, así como también conducen a la creación de nuevas estructuras, representando un beneficio mutuo para ambos simbiontes. Durante este diálogo molecular ocurre la activación de numerosos sistemas enzimáticos produciéndose cambios significativos en la morfología y fisiología de los simbiontes, de manera que queden listos para comenzar el proceso de intercambio.

2.2.1. Simbiosis Micorrizicas

El proceso simbiótico se inicia a partir de una hifa de penetración, originada desde una espora germinada (propágulo de HMA más resistente), raicilla infectada o segmento de hifa, que se encuentran en el suelo y activan su crecimiento bajo condiciones adecuadas de humedad, temperatura, o señales químicas favorables. Al hacer contacto con la planta en los pelos absorbentes o células epidérmicas situadas detrás de la región meristemática, se forma una

hifa especializada llamada apresorio que le sirve de sostén en la fase primaria de penetración a la raíz (Bonfante y Perotto, 1995).

La colonización fúngica ocurre de manera continua en dos sentidos, hacia el interior y exterior de la raíz. Una vez dentro de la raíz, se origina una hifa infectiva denominada haustorio, la cual penetra en el interior radical ramificándose intensamente de manera dicotómica para formar el arbusculo, estructura micorrizica que garantiza el intercambio de sustancias esenciales durante la simbiosis, sin invadir la endodermis ni penetrar en el meristemo. Una vez alcanzada la madurez fisiológica de este proceso (7 - 15 días) éstos son destruidos en el interior de las propias células por fagocitosis.

Lo anterior no implica que se atravesase la membrana celular de la planta hospedera, aunque si la pared celular, por lo que algunos autores plantean que no es realmente una penetración de la célula hospedera lo que se produce, pues el arbusculo permanece rodeado todo el tiempo por el plasma lema celular, aunque a medida que crece, llena casi todo el espacio citoplasmático de la célula, formando una extensa superficie de contacto con la planta llamada matriz o interfase (Arines, J. 1991).

Paralelamente, se originan células de almacenamiento que contienen en su interior gránulos de fosfolípidos como material de reserva y reciben su nombre de acuerdo al género que los origine. En algunas especies del género *Glomus*, se nombran vesículas y se forman debido al hinchamiento de una hifa, generalmente terminal y en los casos de las gigasporas y escutelosporas, son llamadas células auxiliares y se forman en el exterior de la raíz. En ambos casos, su formación está condicionada a una estabilización en la simbiosis micorrizica (Sieverding, E., 1991).

Las micorrizas tienen un amplio rango de tipos y hongos que la originan, demostrando por lo tanto que no solo representan una simple clase evolutiva, sino tipos de asociaciones que han evolucionado repetidamente, en respuesta a las distintas presiones del medio circundante apareciendo de esta forma varios tipos de asociaciones micorrizicas.

Los hongos micorrízicos arbusculares, presentes en cerca del 80% de los cultivos agrícolas constituyen uno de los biofertilizantes que deben ser considerados en el diseño de los diferentes sistemas agrícolas, pues además de ser componentes inseparables de los agroecosistemas, con diferentes funciones en las plantas, pueden constituir sustitutos biológicos de los fertilizantes minerales (Espinosa, J. 2000).

2.2.2. Micorriza en la Nutrición Vegetal

El desarrollo óptimo de los cultivos demanda una elevada aplicación de fertilizantes minerales y pesticidas. El uso de dichos insumos químicos implica no solo un costo y requerimientos energéticos elevados, sino que su aporte indiscriminado pudiera provocar problemas de salinización y contaminación del manto freático.

Fernández et al. (1999) que el beneficio reportado por el uso de las asociaciones micorrizicas arbusculares en el crecimiento de las plantas resulta sorprendente, particularmente en suelos tropicales, deficientes en fósforo (P) asimilable y donde el potencial de explotación de estos hongos es mucho mayor que en regiones de clima templado. La inoculación de las plantas con hongos micorrízicos provoca, de forma general, un marcado incremento en los procesos de absorción y traslocación de nutrientes tales como: P, N, K, Ca, Mg, Zn, Cu, B y Mo (Koide, 2000).

Según González y Ferrera (1994), estos hongos, tal y como la literatura reporta contribuyen a un mejor y más rápido crecimiento de las plantas, debido principalmente a una mejor nutrición de las mismas, siendo capaces de incrementar la absorción de nutrimentos y traslocarlos a la planta, debido a que las raíces tienen una mayor área de exploración a través de la extensión de las hifas del hongo en el suelo. Bethlenfalvay y Linderman (1992), señalaron que las micorrizas incrementan el rendimiento de los cultivos y reducen el consumo de fertilizantes minerales, dado esto por la presencia de las hifas extraradicales, cuyo pequeño tamaño le permiten entrar en los poros más diminutos del suelo y con ello acceder a los nutrientes del mismo; según Linderman, R. G. 1988, estos hongos pueden conferir ventajas competitivas a las especies de plantas micorrizadas, dado que, pues como señalara Mujica Y. y Medina N. 2008, y los hongos MA constituyen un intermediario entre las plantas y el suelo facilitándole a éstas, incrementos en la absorción de nutrientes y tolerancia a la sequía.

2.2.3. Nutrición Potásica

Los hongos micorrizógenos juegan un papel vital en la toma del K presente en los suelos, principalmente en las zonas tropicales, donde las cantidades de K asimilable a las plantas son frecuentemente bajas (Halos, P. M.; Mendoza, E. y Borja, M. 1982).

Generalmente bajo estas condiciones, en la zona de crecimiento radical ocurre un rápido agotamiento del K, debido al pobre suministro del mismo provocado por la alta capacidad de fijación del elemento en el propio suelo (Quintero E., Martín D. y Machado J. 2003).

Los mecanismos químicos involucrados en la absorción de este elemento por el hongo se desconocen, sin embargo se sabe que se toma en forma de ión ortofosfato y se transporta a través de las hifas en forma de poli fosfato a una velocidad de 2×10^{-9} mol \times cm⁻² ((Quintero E., Martín D. y Machado J. 2003).

No obstante, se conoce que el mecanismo para incrementar la absorción de fósforo vía micorriza, es de naturaleza física, desarrollado a partir de la capacidad de las hifas de explorar un mayor volumen de sustrato con mayor eficiencia que el sistema radical por sí solo. El otro aspecto se refiere a la posibilidad de utilizar fuentes de fosfato no accesibles a la planta. En estudios realizados en Galicia con suelos ácidos y altos niveles de materia orgánica, se observó que el fósforo añadido se incorpora en las fracciones extraídas con FNH4 0,5M y NaOH 0,1N y que el fosfato inorgánico utilizado por las plantas también procede de estas fracciones (Arines 1991).

La micorrización a través de su efecto físico, no solo representa una extensión del sistema de absorción de las plantas y de los efectos fisiológicos que aumentan la capacidad absorbente de las raíces, sino que como asociación funcional, realiza una utilización eficiente del fósforo, logrando de esta manera, una mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes fosfóricos aplicados en suelos deficientes y con elevada capacidad de fijación de fosfato, predominantes en las zonas tropicales (López Y. F, 2002).

2.2.4. Efecto de las Micorrizas

El efecto más importante que producen las MA en las plantas es un incremento en la absorción de nutrientes minerales del suelo, que se traduce en un mayor crecimiento y desarrollo de las mismas. La expansión del micelio externo del hongo por el suelo rizosférico es la causa principal de este efecto, permitiendo la captación de los nutrientes más allá de la zona de agotamiento que se crea alrededor de las raíces, por la propia absorción de la planta (Fernández F. 2003).

Existen otros efectos producidos por la micorriza arbuscular entre los que destacan un aumento de la resistencia de la planta al estrés hídrico y a la salinidad, un aumento de la resistencia y/o tolerancia a determinados patógenos del suelo, un incremento de la supervivencia al transplante y un incremento de la fijación del nitrógeno en leguminosas (Fernández F. 2003.) En las plantas micorrizadas se produce un aumento del contenido de agua, debido a un aumento de la conductividad hídrica de la planta o a una disminución de la

resistencia al flujo de agua a través de ella. También puede ser debido a una mayor absorción a través de la extensa red de hifas externas del hongo MA, extendidas más allá de la zona a la cual tiene acceso directo el sistema radical. La planta hace un mejor uso del agua y es capaz de recuperarse más rápidamente en caso de estrés hídrico (Cooper, 1984).

2.2.5. Tipos de Micorrizas

Aproximadamente unas 5.000 especies de hongos con carpóforos (principalmente Basidiomicetes) están asociadas a árboles forestales en regiones boreales y templadas, estableciendo un tipo de micorrizas.

Las raíces de los árboles de las selvas tropicales, de los árboles frutales, y de casi la totalidad de las demás plantas verdes están asociadas a hongos inferiores, la mayoría microscópicos y que no producen carpóforos típicos. Estos hongos, aunque presentes en casi todo el planeta, asociados con casi todas las plantas verdes, establecen otro tipo de micorrizas y no pertenecen más que a 6 géneros y alrededor de un centenar de especies. Los dos tipos más comunes, más extendidas y más conocidas son las ectomicorrizas y las endomicorrizas. Cada tipo se distingue sobre la base de la relación de las hifas del hongo con las células radicales del hospedado.

Durante muchos años, los HMA se ubicaron en el orden Endogonales junto al género no micorrízico Endogone. Sin embargo, a la luz de nuevas consideraciones filogenéticas se estableció que su condición simbiótica constituía criterio suficiente para agruparlos en un solo taxón, lo cual dio origen al orden Glomales y a un reordenamiento de familias (Harley, J.L. y Smith, 1983).

Debido a que anteriormente se tenían en cuenta solamente los aspectos morfológicos de las esporas, los cuales daban lugar a clasificaciones erróneas e inexactas (Barea, J. m., Azcon-Aguilar, C. Ocampo, J.A. y Azcon R, 1991), la clasificación actual de los hongos formadores de micorrizas arbusculares está basada en los perfiles de ácidos grasos y en la secuencia nucleotídica del ARNr 18s (Fernández, F. 1999).

La clasificación actual que se presenta a continuación incluye dos nuevos géneros, Paraglomus y Archaeospora, basados ya no solamente en características estructurales de las esporas de los géneros Glomus y Acaulospora, que tenían un comportamiento dimórfico en su estructura, sino también en las diferencias filogenéticas dentro de esos géneros.

2.2.6. Clasificación Taxonómica de los HMA

Todos los HMA son miembros del orden *Glomeromycota*, que está subdividido en cuatro subórdenes (Schüßler *et al.*, 2001). Se han descrito aproximadamente 150 especies y la clasificación actual aceptada es la referida por Schüßler (2008):

División: *Glomeromycota*

Clase: *Glomeromycetes*

Orden: *Glomerales*

Sub-orden: *Glomineae*

Familia: *Glomaceae*

Género: *Glomus*

Especies más importantes: *Glomus fasciculatum*, *Glomus clarum*, *Glomus intrarradices* y *Glomus mosseae*.

A lo largo de este documento ha quedado claro no solo la importancia de la simbiosis micorrizica para el desarrollo de la inmensa mayoría de las especies vegetales, sino la existencia de regularidades en su comportamiento que han permitido establecer las bases científico técnicas para su utilización efectiva, en la cual se destaca el factor tipo de suelo como un elemento decisivo para la selección de cepas adecuadas y para el manejo de la simbiosis a partir de su integración con elementos componentes de los sistemas agrícolas, así como la baja especificidad cepa - cultivo.

Bethlenfalvay y Linderman (1992), señalaron que las micorrizas incrementan el rendimiento de los cultivos y reducen el consumo de fertilizantes minerales, dado esto por la presencia de las hifas extraradicales, cuyo pequeño tamaño le permiten entrar en los poros más diminutos del suelo y con ello acceder a los nutrientes del mismo; según (Marschner, H. y B. Dell, 1994), estos hongos pueden conferir ventajas competitivas a las especies de plantas micorrizadas y los hongos MA constituyen un intermediario entre las plantas y el suelo facilitándole a éstas, incrementos en la absorción de nutrientes y tolerancia a la sequía.

2.2.7. Condiciones Edafoclimáticas

Entre éstos se encuentra el efecto estimulante de la luz que ha sido objeto de estudio de autores como Alonso A. y Quintero. E. 1987. Durante el proceso de la formación de las micorrizas versículos arbusculares, la ausencia de luz tanto por sombra o poca iluminación, no solo reduce la infección micorrizica de las raíces sino que también puede afectar la respuesta

de las plantas a esta asociación.

Entre la radiación solar y los niveles de infección se explica a partir del incremento de la tasa fotosintética en presencia de altos niveles de radiación, lo que implica una mayor producción e intercambio de metabolitos y por ende una mayor posibilidad de mantener un simbiote con altos valores o niveles de colonización.

Un factor climático importante es la temperatura del suelo. Hay que tener en cuenta que el establecimiento de las micorrizas presenta tres fases:

Germinación de las esporas en el suelo, penetración de la hifa a la raíz y desarrollo en el interior de la célula de la corteza. En el caso de la germinación existe un amplio rango de temperatura óptima, según sea la especie *Glomus mosseae* con temperatura de 25°C a 30°C.

2.2.8. Factores Físicos y Químicos

Otros de los factores claves es el contenido del agua presente en los suelos La influencia que tiene la falta de agua sobre la infección micorrizica dentro y fuera de la raíz es diferente.

La formación de micorriza juega un papel importante en el crecimiento de las plantas bajo condiciones de estrés hídrico, sobre todo en aquellas plantas que se exponen un largo periodo de tiempo a la falta de agua. Estas plantas logran desarrollar una capacidad de absorción superior, que les permite absorber no solo mayor cantidad de nutrientes, sino también de agua la cual ya no se mueve por efecto de masa sino por un aumento de la (pseudo difusión), ocurriendo de hecho una irrigación en la planta que entre otras cosas mantiene a las hifas del hongo, aun en condiciones adversa, desarrollando satisfactoriamente la asociación planta - HMA (Azcon-Aguilar, C. y Barea, J.M, 1996).

Otro factor relevante suele ser las condiciones de acidez de los suelos expresadas a través del ph que determinan en muchos caso la eficiencia del endofito, el porcentaje de germinación de las esporas y el desarrollo de las micorrizas arbusculares (Green *et al.*,1976).

2.2.9. Absorción de otros Elementos

Los hongos micorrizógenos a pesar de que no son capaces de fijar N₂ atmosférico, favorecen su adquisición a través de efectos indirectos y de un aumento en la absorción del N del suelo. Así como ocurre con el P, las hifas y raicillas infectadas son capaces de tomar el N del suelo en varias formas y transferirlo a las plantas (Siqueira y Franco, 1988).

Las plantas micorrizadas absorben los iones amonio (NH₄⁻) en forma de glutamina a partir del complejo enzimático de la glutamina - sintetasa (GS), lo transforman en trehalosa y lo

translocan de esta manera; además se ha señalado también la absorción de nitrato y una pequeña actividad de la enzima nitrato reductasa fúngica, que al parecer asegura la toma de nitratos de manera complementaria con la nutrición amoniacal (Quintero E., Martín D. y Machado J. 2003).

Por lo tanto los HMA poseen la capacidad de emplear tanto NH_4^- como NO_3^- , sin embargo sus efectos tienen mayor repercusión fisiológica producto de la absorción de amonio, ión que por el contrario del nitrato, se difunde lentamente en la rizosfera, y por lo tanto es menos accesible a las raicillas de las plantas.

Por otra parte, los HMA son capaces de absorber el amonio a concentraciones más bajas que las raíces y lo asimilan rápidamente a través de la vía explicada (Arines, J. 1991).

El potasio (K) y el magnesio (Mg) son comúnmente encontrados en altas concentraciones tanto en las plantas micorrizadas como en las que no lo están. Estos elementos se mueven con mayor facilidad en la solución del suelo que el K y aún no se ha encontrado el mecanismo de transporte directo de estos iones por parte de las micorrizas, además en algunos casos la elevada absorción de estos nutrientes coincide con un efecto indirecto para eliminar deficiencias de K.

Por otra parte, trabajos experimentales sugieren que la toma del K en suelos deficientes del elemento es realizada a través de las hifas de micorrizas (Bago B. y Becard G. 2002).

Está comprobado por autores como Bago B. y Becard G. 2002, que los micro nutrientes como zinc (Zn), cobre (Cu), azufre (S), boro (B) y molibdeno (Mo), son tomados y transportados a través de las hifas hacia las plantas, sin embargo los iones de hierro (Fe), manganeso (Mn) y cloro (Cl), se pueden encontrar tanto en plantas micorrizadas como en las que no lo están (Barea J. M. 2011).

Los elementos sodio (Na), cobalto (Co) y silicio (Si) no son esenciales en el crecimiento de todas las especies de plantas, sin embargo su aumento en algunas de ellas está relacionado con la absorción por parte de las micorrizas.

2.2.10. Factores Bióticos

El análisis de la ecología de la micorriza resulta complejo, sobre todo, si se tiene en consideración que si intentan evaluar las múltiples interacciones hongo-planta-suelo, propias de esta simbiosis.

La zona más cercana a esta asociación es sin duda la rizosfera, que no es más que el

volumen del suelo adyacente a la superficie radical (0,01mm-3mm) y que se encuentra afectado por la actividad de la planta (toma de agua y nutrientes, exudados radicales, respiración de la raíz, etc).

3. Materiales y Métodos

El trabajo fue realizado en el municipio de Cienfuegos, siendo el objeto de estudio de frijol en la localidad de La Josefa, enclavada en las áreas de la CCSF “Manuel Ascunce Domenech” utilizándose una finca de dicha CCS “Arroyo Arena” del productor Rubén González.

La superficie experimental está situada sobre un suelo Pardo mullido con carbonatos con las siguientes características:

3.1. Características del Suelo

Tabla 1. Principales Características del Suelo

| Profundidad | ph | M.O. % | P | K ⁺ | C _a ²⁺ | Mg ²⁺ | N _a ²⁺ |
|-------------|-----|---------------|----------|--------------------------|------------------------------|------------------|------------------------------|
| (cm) | u | (%) | ppm | (cmol.kg ⁻¹) | | | |
| Método | KCL | Walkley-Black | Machigui | Maslova | | | |
| Valores | 6,9 | 2,78 | 2,51 | 34,58 | 17,85 | 4,65 | 0,042 |

3.2. Condiciones Climáticas

En la tabla 2 se observan las condiciones climáticas imperadas durante el período de ejecución del trabajo Febrero 2012

Tabla 2. Condiciones Climáticas imperadas durante el Período de ejecución del trabajo

| Años | Meses | T med | Tmax med | Tmin med | Hr med | Hrmax med | Hrmin med | Lluvia (mm) |
|------|---------|-------|----------|----------|--------|-----------|-----------|-------------|
| 2012 | Febrero | 23,48 | 29,3 | 18,6 | 78,5 | 94,4 | 55,1 | 1,2 |
| 2012 | Marzo | 24,11 | 30,3 | 19,1 | 73,6 | 92,7 | 46,4 | 1,5 |
| 2012 | Abril | 24,91 | 30,7 | 19,6 | 68,8 | 86,9 | 46,0 | 0,8 |

3.3. Diseño Experimental

Para el experimento de campo, se utilizó un diseño de bloque al azar con 10 tratamientos y cinco replicas.

Tabla 3. Las variantes en estudio fueron las siguientes

| Tratamientos | Combinaciones | Dosis (kg.ha ⁻¹) | |
|--------------|--------------------------------------|------------------------------|---|
| | | K | Fondo fijo de 90 kg de N y 60kg de P respectivamente. |
| 1 | Sin inóculo + N, P ₀ , K. | 0 | |
| 2 | Sin inóculo + N, P ₁ , K. | 25 | |

| | | | |
|----|------------------------|--------------------------|-----|
| 3 | Sin inóculo | + N, P ₂ , K. | 50 |
| 4 | Sin inóculo | + N, P ₃ , K. | 75 |
| 5 | Sin inóculo | + N, P ₄ , K. | 100 |
| 6 | <i>Glomus hoi like</i> | + N, P ₀ , K. | 0 |
| 7 | <i>Glomus hoi like</i> | + N, P ₁ , K. | 25 |
| 8 | <i>Glomus hoi like</i> | + N, P ₂ , K. | 50 |
| 9 | <i>Glomus hoi like</i> | + N, P ₃ , K. | 75 |
| 10 | <i>Glomus hoi like</i> | + N, P ₄ , K. | 100 |

Se utilizó un fondo fijo de 90,60 y 100 Kg/ha-1 de K₂O P₂O₅ y N, respectivamente, según el caso.

La preparación de suelo se realizó según tecnología convencional: Rotura, primera grada, cruce, segunda grada y surque, todas las labores fueron realizadas de forma mecanizada.

El marco de siembra empleado fue de 0.45 x 0.05 a una densidad de plantas por surco, utilizando parcelas experimentales de 3,15 m de ancho por 3.00 m de largo y 1m de defensas a cada lado. Para la cosecha se utilizaron los 5 surcos centrales desechando 0,5 m en cada extremo, lo que resultó en una superficie de cálculo de 4,5 m² y una población de 200 plantas por parcela.

Se empleó semilla de la variedad INFAT-43 procedente de la Empresa Provincial de Semillas en Cienfuegos.

En la fertilización se partió de la dosis de NPK recomendada en el cultivo del frijol 100-72-74 kg. ha⁻¹ (MINAG, 2010).

La semilla se inoculó con la cepa *Glomus mosseae* a una dosis del 10 % de su peso (Fernández, 2003). El inoculante agrícola procedía del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas del INCA que contenía 25 esporas. g⁻¹ de suelo.

Los indicadores evaluados fueron los siguientes:

- Altura de la planta.
- Grosor del tallo.
- Componentes al rendimiento:
 - Masa de las vainas.
 - Número de vaina por planta.
 - Número de granos por planta.
 - Masa de los granos por planta.

- Masa de 1000 granos.
- Rendimiento final

Los datos fueron procesados mediante un análisis de varianza utilizando el paquete estadístico SPSS para Windows versión 15.0, las diferencias entre las medias se detectaron por el Test de rangos múltiples de Tukey, con una probabilidad de error de un 1% y un nivel de significación de $p < 0,01$, cuando no se presentó homogeneidad de varianza se realizó la prueba de ANOVA.

3.4. Evaluación económica

Se realizó la evaluación según Paneque, Calaña y Plana (2004), teniendo en cuenta:

- Todos los costos de preparación de suelo y agrotecnia fueron iguales en todos los tratamientos.
- Los tratamientos testigos donde se aplicaron fertilizantes se calcularon esos costos.
- Los tratamientos donde se aplicaron biofertilizantes se calcularon los costos.
- Se calculó el valor de los productos obtenidos y su valor con los precios del mercado.

Con esos tres aspectos se realizó el Balance económico y se determinarán las ganancias con la aplicación de los biofertilizantes.

4. Resultados y Discusión

4.1. Altura del Tallo

De los indicadores de crecimiento evaluados altura y grosor de la planta el análisis de varianza no arrojó diferencias para la altura de la planta en los 10 tratamientos. Este resultado coincide con lo obtenido por Corbera y Hernández (1997), citado por Parets (2002). En la tabla se muestran los resultados en los indicadores de crecimiento. No hay diferencias significativas en cuanto a altura del tallo.

4.2. Grosor del Tallo

El mayor grosor del tallo se alcanzó sin aplicación de EcoMic y 100 kg de Potasio y HMA seguido de la aplicación de 50 kg de Potasio sin HMA sin diferenciarse significativamente. Los peores resultados se obtuvieron sin EcoMic con 0 kg de Potasio sin diferencias significativas con los tratamientos en que se aplican 75 kg de Potasio en ausencia del inoculante y al aplicar este combinado con 0, 25 y 75 kg de Potasio.

Para el indicador grosor de la planta hubo diferencia significativa con respecto al testigo donde se aplicó (SM+ 90-60-50), el tratamiento nueve (CM+ 90-60-100) fue el de mayor diámetro del tallo y este fue donde se obtuvo los mayores rendimientos (difieren a los obtenidos por Parets (2002).

Tabla 4. Indicadores de Crecimiento

| No. | Tratamiento | Altura (cm) | Grosor (mm) |
|-----|------------------------------|-------------|-------------|
| 1 | SM+ 90-60-0 | 17,22 | 2,47 d |
| 2 | SM+ 90-60-25 | 21,72 | 3,06 bcd |
| 3 | SM+ 90-60-50 | 20,94 | 3,18 abcd |
| 4 | SM+ 90-60-75 | 21,18 | 3,90 ab |
| 5 | SM+ 90-60-100 | 21,58 | 3,92 ab |
| 6 | CM+ 90-60-0 | 21,28 | 2,80 cd |
| 7 | CM+ 90-60-25 | 21,43 | 3,12 bcd |
| 8 | CM+ 90-60-50 | 21,80 | 3,47 abcd |
| 9 | CM+ 90-60-75 | 21,44 | 4,12 a |
| 10 | CM+ 90-60-100 | 22,04 | 4,00 ab |
| CV | Coeficiente de variación (%) | 3,707 | 0,159 |
| ET | Error Típico | 14,676 | 1,43 |

SM – Sin Micorriza CM – Sin Micorriza

Los indicadores del rendimiento y sus componentes mostraron diferencias entre los 10 tratamientos para cada uno de los componentes. En el número de vainas por plantas el tratamiento cinco (SM+ 90-60-100) fue el mayor mostrando diferencias significativas entre

todos los tratamiento excepto con 10 (SM+ 90-60-50), este resultado coinciden con los obtenidos por Parets (2002).

4.3. Masa de Vainas por Plantas

La masa de las vainas fue mayor en el tratamiento diez (CM+ 90-60-100) mostrando diferencias entre los 10 tratamientos realizados excepto con el 1 (SM+ 90-60-0) este resultado coinciden con los obtenidos por López (2002).

4.4. Número de Granos por Plantas

El número de granos por plantas fue mayor en el tratamiento 10 (CM+ 90-60-100) no mostró diferencias con el tratamiento ocho (CM+ 90-60-50) pero si con los restantes.

La masa de los granos por plantas fue mayor en el tratamiento diez (CM+ 90-60-100), mostrando diferencias entre los demás tratamientos excepto con el 1 (SM+ 90-60-0) este resultado coinciden con los obtenidos por Parets y López en el (2002).

4.5. Masa de 1000 Granos por Plantas

La masa de 1000 granos fue mayor para el tratamiento 10 (CM+ 90-60-100) y mostró diferencias significativas con los demás tratamientos excepto con el 1 (SM+ 90-60-0). El rendimiento fue mayor en el tratamiento diez (CM+ 90-60-100) no mostró diferencia con el 8 (CM+ 90-60-50) y si con el resto.

Tabla 5. Relación del Rendimiento y sus componentes

| No. | Tratamiento | Número vainas/planta | Masa vaina/planta (g) | Número de granos/planta | Masa de granos/planta (g) | Masa de 1000 granos (g) | Rendimiento (t.ha ⁻¹) |
|-----|-------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 1 | SM+ 90-60-0 | 4,83 d | 4,27 d | 14,20 f | 1,31 f | 11,56 c | 0,6d e |
| 2 | SM+ 90-60-25 | 8,25 bc | 7,92 c | 32,16 cd | 2,74 cd | 84,97 ab | 0,84 cd |
| 3 | SM+90-60-50 | 7,28bc | 14,23 a | 20,17e | 1,48ef | 15,07c | 0,40e |
| 4 | SM+ 90-60-75 | 6,71cd | 6,33 cd | 26,82 d | 2,00 def | 72,47 b | 0,48 e |
| 5 | SM+ 90-60-100 | 9,b | 14,54 a | 39,80b | 3,67b | 91,45a | 1,14b |
| 6 | CM+ 90-60-0 | 7,71 bc | 6,55 cd | 30,39 d | 2,30 cde | 73,61 b | 0,38e |
| 7 | CM+90-60-25 | 8,93 b | 11,76 b | 38,61 b | 3,61 b | 87,57 ab | 1,07 bc |
| 8 | CM+90-60-50 | 11,79a | 4,37 d | 59,87a | 5,21a | 92,11a | 1,49a |
| 9 | CM+ 90-60-75 | 8,77 bc | 8,50 c | 36,65 bc | 3,03 bc | 85,10 ab | 0,91 bc |
| 10 | CM+ 90-60-100 | 12,01a | 11,82 b | 60,25a | 5,24a | 95,07a | 1,62a |
| CV | Coefficiente de variación (%) | 1,381 | 3,799 | 14,63 | 1,381 | 30,187 | 0,441 |
| ET | Error Típico | 0,987 | 1,193 | 7,291 | 0,164 | 69,74 | 0,02 |

4.6. Rendimiento

Los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación combinada del inóculo del ecotipo *Glomus hoi like* con 90-60-75 de NPK alcanzando rendimientos de 1.62 t.ha⁻¹ y un incremento del 42 % con relación al tratamiento testigo (SM+ 90-60-0)

Tabla 6. Eficiencia en el uso del fertilizante

| Niveles de Potasio | | SI | CI | Incremento del rendimiento % |
|-----------------------|-----|------|------|------------------------------|
| (t.ha ⁻¹) | % | | | |
| 0 | 0 | 0.39 | 0.41 | 5 |
| 20 | 25 | 0.51 | 0.61 | 20 |
| 40 | 50 | 0.86 | 0.96 | 12 |
| 60 | 75 | 1.14 | 1.62 | 42 |
| 80 | 100 | 1.10 | 1.51 | 37 |

4.7. Evaluación Económica

Como se puede apreciar en la tabla el tratamiento con más ganancia es el diez, presenta un incremento del 45,4% con relación al tratamiento cinco (testigo) y peor es el tratamiento dos, lo que está dado por los rendimientos alcanzados y el costo de cada variante.

Tabla 7. Resultados económicos

| Tratamiento | Rendimiento en t.ha ⁻¹ | Valor de la producción (\$) | Costo de la producción (\$) | Ganancias (\$) |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|
| 1 | 0,38 | 5373,24 | 39,25 | 5333,99 |
| 2 | 0,84 | 11877,68 | 116,79 | 11760,89 |
| 3 | 1,49 | 21068,75 | 78,02 | 20990,73 |
| 4 | 0,48 | 6787,25 | 65,10 | 6722,15 |
| 5 | 1,62 | 22906,96 | 58,63 | 22848,33 |
| 6 | 0,6 | 8484,06 | 39,80 | 8444,26 |
| 7 | 1,07 | 15129,91 | 117,34 | 15012,57 |
| 8 | 0,40 | 5656,04 | 78,57 | 5577,47 |
| 9 | 0,91 | 12867,49 | 65,64 | 6303,49 |
| 10 | 1,14 | 16119,71 | 59,18 | 1560,63 |

5. Conclusiones:

1. La aplicación de EcoMic® con el uso de la especie *Glomus hoi like* incrementa el desarrollo en grosor del tallo, la productividad y la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L. en el uso de los fertilizantes potásicos.
2. Se obtuvieron los mayores rendimientos cuando se aplicó EcoMic® combinado con 90,60, 75 kg.ha⁻¹ de Potasio, Nitrógeno y Fósforo respectivamente, siendo el más viable económicamente.
3. La opción más viable para el desarrollo sostenible por la combinación de sus efectos económicos y ambientales a corto plazo.

6. Recomendaciones:

1. La aplicación de EcoMic® con el uso de la especie *Glomus hoi like* incrementa el desarrollo, la productividad y el rendimiento en el cultivo de *Phaseolus vulgaris* L.
2. El Tratamiento que obtuvo mayores rendimientos fue donde se aplicó EcoMic® más la dosis de NPK (90, 60,75).

7. Bibliografía:

- Wikipedia, the free encyclopedia.* (2008). Obtenido de "<http://en.wikipedia.org/wiki/Cowpea>"
- (2012). Obtenido de [http://www.infoagro.go.cr/UnidaddeMonitoreodeAlimentos/Boletin-No 3 Julio-2011.pdf](http://www.infoagro.go.cr/UnidaddeMonitoreodeAlimentos/Boletin-No3-Julio-2011.pdf)
- A., C. J. (1997). *Evaluación de la asociación Rhizobium, MVA sobre el crecimiento y de desarrollo del cultivo de la soya (Glycine Máx. L. Merrill)*. Revista "Cultivos Tropicales".
- Agrícolas, I. N. (1998). *Resultados de las campañas de validación*. La Habana: INCA.
- Alarcon y Forrasola .Alarcon A, P. y. (1994). *Algunos aspectos de interes sobre la flora endomicorrizogena en dos suelos tipicos de Granma. Cultivos Tropicales.*
- Alarcon, A., & Furrázola, P. R. (1994). *Algunos aspectos de interés sobre la flora endomicorrizógena en dos suelos típicos de Granma. Cultivos Tropicales.*
- Alemán R., G. Q. (1994). *Producción de granos en condiciones de sostenibilidad. Centro de Investigaciones Agorpecuarias (CIAP).* .
- Azcon-Aguilar, C. y. (1996). *Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens-an overview of the mechanisms involveb. Mycorrhiza.*
- Barea, J. M.-A. (1991). *Morfología, anatomía y citología de las micorrizas vesiculo-arbusculares. En: fijación y Movilización Biológica de Nutrientes II. Fijación de N y Micorrizas.* Madrid: CSIC.
- Baudion, J. P. (2001). *Crop Production in Africa.* Bruselas: Romain H Raenoekers DGIC .
- Bethlenfalvay, G. J. (1992). *Mycorrhizae and crop productivity Horticultural Crops Research Laboratory.*
- Bonfante, P. y. (2000). *Outside and inside the roots: cell-cell interactions among arbuscular mycorrhizal fungi, bacteria and host plants. En: Current Advances in Mycorrhizae Research. Selection V: Ultrastructural changes during mycorrhizal symbiosis.* Podilla and Douds, APS Press.: USA.
- Box, J. M. (1961). *Leguminosas de grano.* Barcelona: Salvat.
- Cabrera, C. (2000). *Se puede vivir en Ecópolis.* Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre.
- Cañet F. M., A. R. (2003). *Tecnología de cosecha, beneficio y almacenamiento del grano de frijol.* Habana, Cuba: INIFAT.
- D, R. (2002). *Molecular indentification and phylogeny of molecular mycorrhizal fungi Plant and*

Soil.

- E., A. A. (1987). *Ecología Agrícola*. La Habana: Pueblo y Educación.
- E., P. S. (2002). *Evaluación agronómica de la coinoculación de Micorrizas arbusculares(MA) y Rhizobium phaseoli en el cultivo del frijol común(Phaseolus vulgaris L.)*. Tesis en opción al grado de maestro en ciencia agrícolas. Universidad Cienfuegos.
- Enriquez, K. G. (1996). *Evaluación del comportamiento ante la inoculación de Rhizobium de 15 variedades de frijol común (Phaseolus vulgaris, L.)*.
- Espinosa, J. (2000). *Manejo de nutrientes en agricultura por sitio específico en cultivos tropicales*.
- F., F. (s.f.). *Capítulo 3. en Sistemas Agrícolas Micorrizados Eficientemente, una vía hacia la agricultura sostenible*. INCA.
- F., L. Y. ((2002).). *Evaluación agronómica de la combinación de las cepas. Glomus clarun intrarradices, Rhizobium Leguminosarum y el hongo antagonista Trichoderma harzianum , utilizados como componente de la ecología del cultivo fríjol común (Phaseolus vulgaris)*. Cienfuegos: Tesis.
- Fernández, F. (1999). *Manejo de las asociaciones micorrizicasarbusculares(MA) sobre la producción de posturas de cafetos(C. arabica) en algunos tipos de suelos*. La Habana.
- Franco, F. P. (2004). *Lista oficial de plantas. Material complementario para la Botánica. Universidad de Las Villas. centr de estudio Jardín Botánico. Cuba .*
- Furrazola, E., & Ferrer, R. H. (1992). *Ubicación taxonómica de cinco cepas de hongos micorrizógenos vesículo-abusculares cultivados en el cepario del IES-ACC*. La Habana.
- G, B. B. (2002). *Bases of the obligate biotrophy of asbuscular mycorrhizal fungi, Micorrhizal Techonology in Agriculture. .*
- González, C. y. (1994). *Los Hongos endomicorrizógenos en la producción de cultivos de interés ornamentales*.
- Halos, P. M. (1982). *Synergism between endomicorrhizas*.
- Harley, J. y. (1983). *E Mycorrhizal Symbiosis*. New York: Academic Press.
- Hernández A. M., M. M. (2004). *Un nuevo paradigma en la Agricultura y la Edafología en Cuba. XXII Curso Diplomado Internacional de Edafología "Nicolás Aguilera" Cambios Globales en los Suelos. Diplomado de actualización profesional. Las funciones del suelo en la naturaleza*. México: CIDEM.

- J., A. (1991). *Aspectos físicos - químicos de la fijación y movilización biológica de nutrientes en el suelo y su incidencia en la formación y efectos de las micorrizas VA. En fijación y movilización de nutrientes. II: Fijación de N y micorrizas.* Madrid: Consejo superior de investigaciones Científicas.
- J., R. D. (1999). *Mycorriza-The state of the art. En Mycorrhiza.*
- Kaplan, L. N. (1999). *Phaseolus in archeology in: Genetic resources of Phaseolus beans.* Dordrecht, Holland. Kluwer Academic Publisher.
- Koide, R. T. (2000). *Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection.*
- Linderman, R. G. (1988). *Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora the mycorrhizosphere effect Phytopathology.*
- M., B. J. (2011.). *Conferencia Micorrizas y hongos micorrizógenos: tipos, evolución, biología, diversidad, ecología, fisiología, bioquímica, genómica, biotecnología y aplicaciones.* . San José de las Lajas. Mayabeque. Cuba.: Presentación. INCA.
- Marschner, H. y. (1994). *Nutriente uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil.*
- MINAGRI. (2010). *Evaluación de los resultados del año 2009.* La Habana: Grupo Empresarial de Cultivos Varios.
- Mora, A. (1997). Origen e importancia del cultivo del frijol común. *Revista de la facultad de Agronomía de Maracay, 225-234.*
- N., M. Y. (2008). *Respuesta del Tomate (Solanum lycopersicum L.) a la formulación líquida de cuatro cepas de Glomus en condiciones de campo.* Cultivos tropicales.
- Paneque, V. M. (2004). *Producción de biofertilizantes y su utilización en la agricultura para la obtención de producciones más sanas y ecológicamente estables. Metodología para su introducción y validación.* La Habana, Cuba: INCA.
- Puentes, I. M. (1994). *Monografía. Cultivo del frijol. Tema Nutrición. UCLV. Facultad de Ciencias Agropecuarias.*
- Puentes, I. M. (1994). *Monografía. Cultivo del frijol. Tema Nutrición. UCLV. facultad de Ciencias Agropecuarias.*
- Quintero E., M. D. (2003). *Reducción de la carga contaminante del agroecosistema por racionalización de la fertilización mineral en frijol. Centro agrícola, No. 3., CIAP, FCA, UCLV.*

- R., R. (2010). *Avances y retos en el manejo de los inoculantes micorrízicos en Cuba. Libro de Resúmenes memorias XVII Congreso Científico del INCA. San José de las Lajas. La Habana, Cuba.*
- Riera M. N., F. E. (2010). *Manejo de la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares en diferentes sistemas cultivos en la región más oriental de Cuba. Libro de Resúmenes Memorias XVII Congreso Científico del INCA. San José de las Lajas. La Habana, Cuba.*
- Rodríguez, J. (s.f.). *Los chibchas: pobladores antiguos de los andes orientales. Aspectos bioantropológicos.* Obtenido de www.colciencias.gov.co/seiaal/documentos/jvrc04c4c3.htm
- Rodríguez, Y. (2005). *Aspectos relacionados con las bases bioquímicas de la simbiosis micorrhizica arbuscular.* Rev. Cultivos tropicales.
- Schubler A., S. D. (2001). *A new fungal phylum the Glomeromycota: phylogeny and evolution* Mycol. Res.
- Sieverding, E. (1991). *Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Deutsche Gesellschaft fur technische Zusammenarbeit. Federal Republic of Germany: GMBH.*
- Sieverding, E. (1991). *Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems Deutsche Gesellschaft fur technische Zusammenarbeit. (GTZ) GMBH.*
- Sieverding, E. a. (1988). *Influence of soil water regimens on VA-mycorrhiza performance of different VAM fungal species with cassava* Journal of Agronomy and Crop Science.
- Siqueira, J. O. (1988). *Bioteconología do solo. fundamentos e perspectivas.* Brasilia: MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS.
- Sistemática, I. d. (1995). *Biofertilizante micorrizógeno.* La Habana.
- Socorro, M. A. (1989). *Granos.* La Habana: Pueblo y Educación.
- Tapia, H. (1983). *Frijol Común (Phaseolus vulgaris L.).* Nicaragua: Ministerio de desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria.
- Vavilov, A. (1951). *Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas.* Buenos Aires.
- Voysest, V. O. (1989). *Resumen del PROFRIZA, CCIAT.* Cali, Colombia.