



Universidad Carlos Rafael Rodríguez de Cienfuegos

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

Tesis en Opción al título de Ingeniero Agrónomo.

Autor: Rafael Reyes Pérez.

Tutor: Ing. José L. Díaz Cabo.

Cienfuegos, 2012

AGRADECIMIENTOS

- ◆ A mis padres por todo el esfuerzo que realizaron para la culminación de mis estudios.
- ◆ A mi tutor Ing. José L. Díaz Cabo por haberme guiado en la realización del trabajo.
- ◆ A todas aquellas personas que de una forma u otra colaboraron en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

- ◆ A mi esposa y a mis hijos por su gran amor y ternura.
- ◆ A mis padres por haberme guiado en la vida, por el camino correcto, con gran amor y dedicación a lo largo de toda mi carrera, por apoyarme en los momentos más difíciles sin escatimar esfuerzo.
- ◆ A la Revolución que nos ha dado toda la posibilidad de estudiar.

Resumen

Esta investigación se realizó en la CCSF “Manuel Ascunce Domenech”, ubicada en el municipio de Cienfuegos, durante los meses de febrero a abril del 2012; con el objetivo evaluar el efecto de la aplicación de EcoMic del ecotipo *Glomus hoi like* y combinaciones de NPK sobre el desarrollo, la productividad y la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L. en el uso de los fertilizantes fosfóricos. Para ello se evaluó el efecto de la aplicación de EcoMic® y combinaciones de NPK sobre el desarrollo, la productividad agrícola, la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L. en el uso de los fertilizantes fosfóricos en un suelo Pardo mullido con carbonatos y la factibilidad económica de las variantes en estudio. Como resultado la aplicación de EcoMic® con el ecotipo *Glomus hoi like* incrementó el desarrollo, la productividad en un 42 % y la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L. en el uso de los fertilizantes fosfóricos un 25%; cuando se aplicó EcoMic® combinado con 60 kg.ha⁻¹ de fósforo, siendo el tratamiento más viable económicamente. Los componentes del rendimiento que aportaron a los resultados en el rendimiento fueron el incremento el número de vainas por planta en un 37%, la masa de las vainas por planta en un 24%, el número de granos por planta en un 55%, la masa de los granos por planta en un 42%; mientras que la masa de 1000 granos por planta se incrementó un 8% con la aplicación de fertilizante fosfórico a una dosis de 60 kg.ha⁻¹ de fósforo.

Palabras Claves: Frijol, Micorriza y Fosforo.

ÍNDICE GENERAL

páginas

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN	1.2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3-16
2.1. Importancia de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	3
2.2. Origen del Frijol y distribución	3
2.3 Clasificación taxonómica.	4
2.4 Morfología.	4
2.4.1 La Raíz	4
2.4.2 El Tallo	5
2.5 Requerimientos climáticos	7
2.6 Fenología	7
2.7 Fertilización	9
2.8 Micorrizas	9
2.9 Tipos de micorrizas.	10

2.10 Micorrizas Arbusculares (MA)	11
2.11 Clasificación taxonómica de los HMA.	11
2.11.1 Simbiosis micorrizicas.	12
2.11.2 Micorriza en la nutrición vegetal.	13
2.12 Nutrición fosfórica.	13
2.13 Absorción de otros elementos.	14
2.14 Efecto de las micorrizas.	15
2.15 Factores bióticos.	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS	17-19
3.1 Diseño experimental.	17
3.2 Los indicadores evaluados fueron los siguientes:	19
3.3 Evaluación económica.	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20-23
4.1 Evaluación económica	23
5. CONCLUSIONES	25
6. RECOMENDACIONES	26
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27-31
8. Anexos	32-33

1- INTRODUCCIÓN

Las actividades del hombre han provocado cambios en el 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).

La contaminación de los suelos es una forma de degradación que se incrementa al intensificarse la quimización. El uso de fertilizantes minerales implica no solo costo y requerimientos energéticos elevados, sino que su aporte indiscriminado provoca problemas de salinización y contaminación del manto freático.

El frijol (*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).

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 la divisa necesaria para la adquisición de estos insumos (MINAGRI, 2010).

En Cuba en los últimos años en el marco del Programa de Micorrizas del 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 micorriza da eficientemente e integrando los criterios de fertilidad de suelo y de la nutrición de las plantas (Rivera, 2010).

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 NPK sobre el desarrollo, la productividad y la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L. en el uso de fertilizantes fosfóricos?

Por el problema antes expuesto, se planteó la siguiente:

Hipótesis de la investigación:

La aplicación de EcoMic® con el ecotipo de HMA *Glomus hoi like*; permitirá incrementar los rendimientos y la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L. en el uso de fertilizantes minerales fosfóricos.

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 fosfóricos.

Objetivos específicos:

1-Evaluar el efecto de la aplicación de EcoMic® y combinaciones de P sobre el desarrollo, la productividad agrícola y la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L. en el uso de los fertilizantes fosfóricos en un suelo Pardo sialítico cálcico.

2-Evaluar la factibilidad económica de las variantes en estudio.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importancia de *Phaseolus vulgaris* L.

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.

En Cuba, los frijoles son, después del arroz, el grano que más consume el cubano en su dieta diaria desde antaño y hoy más que nunca constituye un hábito nutricional de nuestros hogares, de ahí la necesidad de alcanzar rendimientos sostenibles en este cultivo. Sin embargo la producción de frijol en Cuba en el año 2010 fue de 80,4 Mt con un rendimiento de 0,7 t.ha⁻¹(CEPAL, 2011). Esto obliga a nuestro país a importar grandes volúmenes de este grano.

2.2 Origen del Frijol y distribución

El frijol constituye uno de los cultivos más antiguos, pues hallazgos arqueológicos indican que se conocía por lo menos 5 000 años antes de la era cristiana (Kaplan *et* Kaplan, 1999).

Los estudios de Vavilov (1951) sobre el origen de las especies de plantas cultivadas, 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.

Por su amplia distribución y variadas diferencias morfológicas, se han sugerido dos centros de domesticación del frijol: Mesoamérica y Los Andes Suramericanos; de acuerdo a las características ancestrales y adaptativas, se han identificado seis razas. Tres de ellas con origen Mesoamericano (Durango, Jalisco y Mesoamérica) y las otras

tres originadas en los Andes del Sur (Chile, Nueva Granada y Perú) (Mora, 1997).

Se reporta como una de las primeras plantas domesticadas en América, cuya presencia se remonta a unos 6 000-8 000 años, tanto en Mesoamérica como en los Andes Centrales. Su cultivo se extendía a casi la mayoría de las poblaciones prehispánicas y constituía uno de los principales alimentos, conjuntamente con el maíz, la papa y la yuca (Cartay, 1991; citado por Rodríguez, 1999; Cabrera, 2000).

A menos de 60 años después del descubrimiento de América en 1492, el frijol común era ampliamente cultivado en el occidente de Europa. De allí se distribuyó al resto de Europa, Irán, India, Oriente Medio y a otros lugares de Asia y África. Ocupó otras partes del mundo como EUA, Europa y África tropical y secundariamente, África del norte y Asia 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 del gran número de variedades y tipos. Es sin dudas, la especie más importante del género (Box, 1961; Mora, 1997; Baudoin *et al.*, 2001).

2.3 Clasificación taxonómica.

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.

2.4 Morfología.

2.4.1 La Raíz

El sistema radical del frijol es superficial, se desarrolla entre los 20 a 40 cm de

profundidad y está compuesto por una raíz principal o de soporte y un gran número de raíces secundarias y raicillas, por lo tanto requiere de un suelo bien mullido para lograr un buen desarrollo. Una de sus características más importantes es la de vivir en simbiosis con la bacteria del género *Rhizobium*, que realiza la fijación del nitrógeno atmosférico que es aprovechado por la planta en su desarrollo y en la formación de sustancias orgánicas.

2.4.2 El Tallo

El tallo del frijol tiene características utilizables en la identificación genotipo como son: color, pilosidad, tamaño o longitud, diámetro, carácter de la parte terminal, número de nudos, largo de los entrenudos, aptitud para trepar y ángulo de las inserciones de las diferentes órganos de la planta. Es herbáceo, anguloso y de acuerdo con el hábito de crecimiento de la variedad pueden ser: erectos, semi- postrados o postrados, pero en general el tallo tiende a ser vertical (Tapia, 1983).

Según Voysest (1989), el hábito de crecimiento es una de las características morfológicas de suma importancia en la agronomía y el manejo del cultivo del frijol, es por ello que de acuerdo a su hábito de crecimiento, las variedades de frijol se dividen en dos grandes grupos:

- Las de crecimiento determinado o arbustivo.
- Las de crecimiento indeterminado, trepador o de guía.

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, cordiformes, unifoliadas, auriculadas, y acuminadas; caen antes de que la planta esté completamente desarrollada. Las estipulas son bífidas (Debouck e Hidalgo, 1985 y Henríquez, Prophete y Orellana, 1995)

Las hojas compuestas trifoliadas (trifoliodas), 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 foliolo 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 su glabras. 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 (Díaz, 1990).

En el proceso de desarrollo de la flor se pueden distinguir dos estados: el botón floral, y la flor completamente abierta (Henríquez, Prophete y Orellana, 1995). Según Díaz (1990), el inicio de la floración varía de acuerdo con la variedad. A mayor periodo de floración, mayor rendimiento (Moran y Bárrales, 1990).

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

Las vainas son generalmente glabras o su glabras 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 pergamino so, el coriáceo y el tipo carnososo o no fibroso.

La semilla se origina de un óvulo compiló tropo, es ex albuminosa, 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 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 (Bolluelos, Escalona y Kuruvadi, 1996).

2.5 Requerimientos climáticos:

Según Alemán y col. (2008), los requerimientos óptimos para su desarrollo son:

Temperaturas moderadas (20-28 °C)

Suficientes (pero no excesivas) lluvias o riegos durante fase vegetativa y parte de la reproductiva.

Período seco durante maduración y cosecha.

Humedad del aire no mayor a 80 - 85 % Humedad Relativa por varios días consecutivos

2.6 Fenología

Fenofases del cultivo del frijol según Cañet y col. (2003).

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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aparece el primer botón floral o racimo. • Se abre la flor.
<p>V₁ – Emergencia: Inicia cuando los cotiledones aparecen al nivel del suelo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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>R₆ –Floración: El 50% de la población tiene la flor abierta.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La corola se marchita, cuelga o se desprende. • La vaina inicia su crecimiento.

<ul style="list-style-type: none"> • Despliegue de las hojas primarias. 	
<p>V₂ –Hojas primarias: Comienza con las hojas primarias desplegadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. • Los cotiledones pierden su forma y se arquean. • Comienza el crecimiento de la primera hoja trifoliada y continúa su desarrollo hasta desplegarse completamente. 	<p>R₇ –Formación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de valvas y vainas, el 50% de la población tiene la primera vaina con corola colgada o desprendida. • Crecimiento longitudinal de la vaina y poco crecimiento de las semillas. • Llenado de vainas, tamaño y peso final.
<p>V₃ –Primera hoja trifoliada: Inicia con la primera hoja trifoliada abierta y plana.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crece el pecíolo y el entrenudo y la primera hoja trifoliada crece por encima de las hojas primarias. • 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>R₈ – Llenado de vainas: El 50% de la población tiene la primera vaina llena. 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> <ul style="list-style-type: none"> • Se hacen diferenciales tallo, ramas y otras hojas trifoliadas que se 	<p>R₉ –Maduración:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Secado y decoloración de las vainas. • Amarillamiento y caída de hojas. • Contenido de agua baja hasta el 15%. Coloración típica de la

desarrollan a partir de las triadas de yemas que están en las axilas.	variedad.
V _{4,4} –Es una sub etapa de la V ₄ : Comienza cuando la cuarta hoja trifoliada está desplegada. (Pueden existir varias sub etapas hasta que aparezca el primer botón floral o racimo).	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 pérdida de humedad del grano (R ₉) hasta alcanzar valores del 18- 20 % de humedad, momento adecuado para el consumo.

2.7 Fertilización

Según Alemán y col. (2008), recomiendan las siguiente dosis para la fertilización:

- Inoculación con *Rhizobium*
- Fertilizante nitrogenado: 30-50 Kg.ha⁻¹ de N (120 sin *Rhizobium*)
- Fertilizante fosfórico: 60-90 Kg.ha⁻¹ de P₂O₅
- Fertilizante potásico: Hasta 135 Kg.ha⁻¹ de K₂O

Quintero y col. (2003), demostraron que la mayor parte del nitrógeno que necesita la planta de frijol lo toma durante los primeros 30 días de su ciclo de desarrollo, siendo suficientes las dosis de 35 kg.ha⁻¹ para suplir las necesidades de absorción de la planta durante ese período, lo que justifica la falta de respuesta al fraccionamiento. Cuando no se aplicó el nitrógeno hasta los 30 días de la siembra fue necesario una mayor dosis para compensar las deficiencias sufridas por la planta durante ese primer mes.

2.8 Micorrizas

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 produce entre las hifas de algunos hongos del suelo con los órganos subterráneos de la gran mayoría de las plantas superiores”.

Esta maravillosa unión se define como una asociación simbiótica, 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 (Espinosa, 2000).

2.9 Tipos de micorrizas.

Se estima que aproximadamente el 90% de las especies vegetales existentes pueden formar micorrizas y que unas 6000 especies de hongos son capaces de colonizar la raíz de la planta para establecer la simbiosis. Se pueden distinguir tres grupos fundamentales, según la estructura de la micorriza formada: **ectomicorrizas** o formadoras de manto; ectendomicorrizas, que incluye arbustoides y monotropoides y las endomicorrizas, caracterizadas por la colonización intracelular del hongo y a su vez se subdividen en ericoides, orquidioides y arbusculares (Read, 1999).

Las endomicorrizas se caracterizan por la penetración inter e intracelular, pero sin la formación de manto ni modificaciones morfológicas evidentes en las raíces, la zona de colonización del hongo está limitada al cortex sin llegar a penetrar nunca la endodermis y por tanto, el cilindro vascular. Como consecuencia de su establecimiento en la raíz, se induce la actividad de varias enzimas asociadas a los mecanismos de defensa de la planta, pero a diferencia de las infecciones producidas por hongos patógenos la respuesta es localizada, transitoria y de menor magnitud (Azcón- Aguilar y Barea, 1996).

Pertencen al grupo de las endomicorrizas de acuerdo con su estructura, las micorrizas ericoides y orquidioides, puesto que colonizan intracelularmente las células de la epidermis y del cortex de la raíz, las que son formadas por plantas de las familias Ericaceae y Orchidaceae, respectivamente, siendo los hongos formadores pertenecientes a los Ascomicetos y Basidiomicetos.(Barea et. al. 1991). Están incluidas en este grupo las micorrizas arbusculares.

2.10 Micorrizas Arbusculares (MA)

Son del tipo más abundantes en la naturaleza, ya que se establecen entre el 80 y el 90% de las especies vegetales estudiadas hasta la fecha, entre ellas, la mayoría de las que presentan interés agronómico (Harley y Smith, 1983).

Las MA se encuentran tanto en ecosistemas naturales como en los modificados (Barea, 2011). En contraste con el alto número de especies botánicas que forman este tipo de simbiosis, se estima que las pueden originar solamente 150 especies de hongos (Schüßler *et al.*, 2001).

2.11 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*.

Los registros fósiles de plantas más antiguos que se conocen presentan, en sus primitivas raíces unas estructuras similares a las de las actuales MA, lo que evidencia una historia coevolutiva de plantas y micorrizas que se ha corroborado en estudios con técnicas de biología molecular, sobre datación, filogenia y evolución de los hongos formadores de micorrizas arbusculares y su asociación con las plantas (Redecker, 2002).

El largo período de vida en común de plantas y sus hongos asociados ha condicionado una coevolución de ambos tipos de organismos, que se manifiesta por el elevado grado

de mutualismo y dependencia que muestran estos simbioses. Como consecuencia de de tal evolución, la mayoría de las plantas son “micotróficas”, ya que necesitan estar micorrizadas para lograr un desarrollo óptimo, mientras que el hongo es un simbionte obligado que no puede completar su ciclo de vida en ausencia de una planta hospedadora (Vago y Becar, 2002).

Las plantas dependen en su mayor grado del establecimiento de la simbiosis para crecer adecuadamente. Esta dependencia, denominada grado de micotrofia, es especialmente relevante en la mayoría de las plantas arbóreas de interés agrícola e industrial (Graham et. al. 1997), citados por (Rodríguez, 2005). Según esta autora el grado de micotrofia puede llegar a ser extremo en especies con un sistema radical poco desarrollado, que no es capaz de aportar nutrientes al ritmo que la planta necesita para cubrir sus necesidades fisiológicas.

Investigaciones más recientes permiten afirmar a Barea J.M.(2011), que las plantas toman sus nutrientes a través de las hifas de un hongo, que además de su carácter biotrófico hablando en términos estrictos, se puede decir que las plantas no tienen raíces, tienen micorrizas.

2.11.1 Simbiosis micorrizas.

Para el funcionamiento de los HMA, las hifas que recorren el suelo, procedentes de esporas o de otros propágulos, se ponen en contacto con las raicillas y forman la estructura conocida como “apreso rio” sobre las células epidérmicas de la región posterior a la meristemática. A partir de este cuerpo las hifas penetran en la epidermis de la raíz, colonizando la región cortical y pasando a las capas más internas de la corteza sin llegar a atravesar la endodermis ni penetrar en el meristemo radical.

El hongo en el interior de la raíz avanza tanto en la dirección del crecimiento de la misma, como hacia las capas más internas de la corteza y cuando se encuentra cerca de la endodermis, comienza la formación de los “arbusculos” en el interior de las células corticales más internas, pero sin penetrar en la membrana protoplasmática (Siqueira y Franco, 1988).

Los arbusculos tienen la función fundamental de realizar los intercambios entre la planta y el simbionte; por su parte el micelio externo o extramático del hongo forma una red bien distribuida en el suelo, en busca de nutrimentos y agua, debido a la explotación de sitios

inasequibles para las raíces de plantas no micorrizadas; lo que representa la posibilidad de explorar un volumen de suelo hasta 40 veces mayor en las plantas micorrizadas.

2.11.2 Micorriza en la nutrición vegetal.

Sieverding (1991) y Fernández *et al.* (1999) han reportado que el beneficio 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 tras locación 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 extra radicales, cuyo pequeño tamaño le permiten entrar en los poros más diminutos del suelo y con ello acceder a los nutrientes del mismo; según Newshan *et al.* (1995), estos hongos pueden conferir ventajas competitivas a las especies de plantas micorrizadas, dado que 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.

2.12 Nutrición fosfórica.

Los hongos micorrizógenos juegan un papel vital en la toma del P presente en los suelos, principalmente en las zonas tropicales, donde las cantidades de P asimilable a las plantas son frecuentemente bajas (Harley y Smith, 1983 y Trimble y Knowles, 1995).

Generalmente bajo estas condiciones, en la zona de crecimiento radical ocurre un rápido agotamiento del P, debido al pobre suministro del mismo provocado por la alta

capacidad de fijación del elemento en el propio suelo (Brady, 1984 y Gianinazzi - Pearson y Gianinazzi, 1983).

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 orto fosfato y se transporta a través de las hifas en forma de poli fosfato a una velocidad de 2×10^{-9} mol \times cm⁻² (Sieverding, 1991).

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 (Sainz y Arines, 1987 y Bolan, 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 absorber 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 Lombardi, 1981).

2.13 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).

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 P 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 P. 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 (Sieverding y Toro, 1988).

Está comprobado por autores como Sieverding (1991) y Marschner y Dell (1994), 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.

2.14 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 (Jakobsen, 1992; Sanders y Tinker, 1973).

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).

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 extra radicales, cuyo pequeño tamaño le permiten entrar en los poros más diminutos del suelo y con ello acceder a los nutrientes del mismo; estos hongos pueden conferir ventajas competitivas a las especies de plantas micorrizadas, dado que, los HMA constituyen un intermediario entre las plantas y el suelo facilitándole

a éstas, incrementos en la absorción de nutrientes y tolerancia a la sequía.

2.15 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.).

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.

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 Sialítico calcárico con las siguientes características:

Tabla 1 . Principales características del suelo

Profundidad	ph	M.O. %	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ²⁺
(cm)	u	(%)	Ppm	(cmol.kg ⁻¹)			
Método	KCL	Walkley-Black	colorometria	Maslova			
Valores	6,9	2,78	2,51	34,58	17,85	4,65	0,042

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

3.1 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

Tratamientos	Combinaciones	Dosis (kg.ha ⁻¹)	
		P	Fondo fijo de 90 kg de N y 75 Kg de K ₂ O respectivamente.
1	Sin inóculo + N, P ₀ , K.	0	
2	Sin inóculo + N, P ₁ , K.	20	
3	Sin inóculo + N, P ₂ , K.	40	
4	Sin inóculo + N, P ₃ , K.	60	
5	Sin inóculo + N, P ₄ , K.	80	
6	<i>Glomus hoi like</i> + N, P ₀ , K.	0	
7	<i>Glomus hoi like</i> + N, P ₁ , K.	20	
8	<i>Glomus hoi like</i> + N, P ₂ , K.	40	
9	<i>Glomus hoi like</i> + N, P ₃ , K.	60	
10	<i>Glomus hoi like</i> + N, P ₄ , K.	80	

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 160 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 fríjol 120-80-100 kg. ha⁻¹ (MINAG, 2010).

La semilla se inoculó con la cepa *Glomus hoi like* 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.

3.2 Los indicadores evaluados fueron los siguientes:

- Indicadores de crecimiento
 - 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 gramos 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 11.5. Las diferencias entre las medias se detectaron por el Tés 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 Kruscal-Wallis.

3.3 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

De los indicadores de crecimiento evaluados altura y grosor de la planta el análisis de varianza no arrojo 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).

El mayor grosor del tallo se alcanzó con la aplicación de EcoMic y 60 kg de fósforo y HMA seguido de la aplicación de 60 kg de fósforo sin HMA sin diferenciarse significativamente. Los peores resultados se obtuvieron cuando no se aplica EcoMic con 20 kg de fósforo sin diferencias significativas con los tratamientos en que se aplican 40, 80 kg de fósforo en ausencia del inoculante y al aplicar este combinado con 20, 40 y 80 kg de fósforo. Estos resultados difieren a los obtenidos por Parets (2002).

Tabla 4. Indicadores de crecimiento

No.	Tratamiento	Altura (cm)	Grosor (mm)
1	SM+ 90-0-75	20,07	2,82 c
2	SM+ 90-20-75	21,29	2,96 c
3	SM+ 90-40-75	21,44	3,35 abc
4	SM+ 90-60-75	21,72	3,90 ab
5	SM+ 90-80-75	21,80	3,02 c
6	CM+ 90-0-75	21,20	2,86 c
7	CM+ 90-20-75	21,55	2,98 c
8	CM+90-40-75	21,71	3,08 bc
9	CM+ 90-60-75	22,04	4,12 a
10	CM+ 90-80-75	22,04	3,01 c
CV	Coeficiente de variación (%)	11,50	16,19
ET	Error Típico	0,379	0,047

SM – Sin micorriza CM – Con micorriza Letras iguales no hay diferencias significativas para $p < 0,001$ para un nivel de confianza del 99%

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 nueve (CM+ 90-60-75) fue el mayor mostrando diferencias significativas entre todos los tratamientos excepto con el 10 (CM+ 90-80-75), este resultado coincide con los obtenidos por Parets (2002)

La masa de las vainas fue mayor en el tratamiento nueve (CM+ 90-60-75) mostrando diferencias entre los 10 tratamientos realizados excepto con el 10 (CM+ 90-80-75) este resultado coincide con los obtenidos por López (2002).

El número de granos por plantas fue mayor en el tratamiento nueve (CM+ 90-60-75) no mostró diferencias con el tratamiento 10 (CM+ 90-80-75) pero sí con los restantes.

La masa de los granos por plantas fue mayor en el tratamiento nueve (CM+ 90-60-75), mostrando diferencias entre los demás tratamientos excepto con el 10 (CM+ 90-80-75) este resultado coincide con los obtenidos por Parets y López en el (2002).

La masa de 1000 granos fue mayor para el tratamiento 4 (SM+ 90-60-75) y mostró diferencias significativas con los demás tratamientos excepto con el 5 (SM+ 90-80-75).

El rendimiento fue mayor en el tratamiento nueve (CM+ 90-60-75) no mostró diferencia con el 10 (CM+ 90-80-75) y sí con el resto.

Resultados y Discusión

En la tabla 4 podemos apreciar que el indicador grosor del tallo de la planta hubo diferencia significativa con respecto al testigo donde se aplicó (SM+ 90-0-75), el tratamiento nueve (CM+ 90-60-75) fue el de mayor diámetro y este fue donde se obtuvieron los mayores rendimientos.

En la tabla 4 podemos apreciar el análisis de varianza donde 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 5 podemos observar los siguientes 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 nueve (CM+ 90-60-75) fue el mayor mostrando diferencias significativas entre todos los tratamientos excepto con el 10 (CM+ 90-80-75), este resultado coincide con los obtenidos por Parets (2002)

.La masa de las vainas fue mayor en el tratamiento nueve (CM+ 90-60-75) mostrando diferencias entre los 10 tratamientos realizados excepto con el 10 (CM+ 90-80-75) este resultado coincide con los obtenidos por López (2002).

. El número de granos por plantas fue mayor en el tratamiento nueve (CM+ 90-60-75) no mostró diferencias con el tratamiento 10 (CM+ 90-80-75) pero si con los restantes.

La masa de los granos por plantas fue mayor en el tratamiento nueve (CM+ 90-60-75), mostrando diferencias entre los demás tratamientos excepto con el 10 (CM+ 90-80-75) este resultado coincide con los obtenidos por Parets y López en el (2002).

. La masa de 1000 granos fue mayor para el tratamiento 4 (SM+ 90-60-75) y mostró diferencias significativas con los demás tratamientos excepto con el 5 (SM+ 90-80-75). El rendimiento fue mayor en el tratamiento nueve (CM+ 90-60-75) no mostró diferencia con el 10 (CM+ 90-80-75) y si con el resto.

En la tabla 6 donde se valoran los niveles de fósforo (P) 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+ 90-0-75).

Como se puede apreciar en la tabla 7 el tratamiento con más ganancia es el nueve, presenta un incremento del 45,4% con relación al tratamiento cuatro (testigo) y peor es el tratamiento uno, lo que está dado por los rendimientos alcanzados y el costo de cada variante.

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+ 90-0-75	4,81 c	4,36 e	14,21 c	1,31 d	15,11 c	0,39 d
2	SM+ 90-20-75	7,28 b	6,34 de	26,83 d	2,06 c	72,52 b	0.51 d
3	SM+ 90-40-75	7,74 b	7,95 cde	30,59 cd	2,79 bc	91,43 ab	0.86 bc
4	SM+ 90-60-75	8,77 b	11,76 cd	38,61 b	3,67 b	95,07 a	1,14 b
5	SM+ 90-80-75	9,09 b	11,89 c	39,98 b	3,66 b	92,15 a	1,10 b
6	CM+ 90-0-75	6,72 bc	4,16 c	20,43 c	1,49 d	11,53 c	0,41 d
7	CM+ 90-20-75	8,28 b	6,44 b	34,15 bc	2,47 c	73,81 b	0,61 cd
8	CM+90-40-75	8,77 b	8,55 b	36,65 bc	3,09 bc	85,10 ab	0,96 bc
9	CM+ 90-60-75	12,01 a	14,54 a	59,97 a	5,21 a	87,57 ab	1,62 a
10	CM+ 90-80-75	12,01 a	14,25 a	60,44 a	5,25 a	84,98 ab	1,51 a
CV	Coeficiente de Variación (%)	26,69	42,35	40,24	1,94	43,52	47,25
ET	Error Típico	0,135	0,152	0,358	0,066	1,18	0,02

SM – Sin micorriza CM – Con micorriza Letras iguales no hay diferencia significativas para $p < 0,001$ para un nivel de confianza del 99%

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+ 90-0-75).

Tabla 6. Niveles de Fosforo

Niveles de Fósforo		SM	CM	Incremento de 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

SM – Sin micorriza CM – Con micorriza

En la tabla 6 donde se valoran los niveles de fosforo (P) 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+ 90-0-75).

4.1 Evaluación económica

Como se puede apreciar en la tabla 7 el tratamiento con más ganancia es el nueve, presenta un incremento del 45,4% con relación al tratamiento cuatro (testigo) y peor es el tratamiento uno, lo que está dado por los rendimientos alcanzados y el costo de cada variante.

Tabla 7. Resultados económicos

Tratamiento	Rendimiento (t.ha⁻¹)	Valor de la produccion (\$)	Costo de la produccion (\$)	Ganancias (\$)
1	0.39	5510,84	1142,37	4368,47
2	0.51	7206,48	1147,79	6058,69
3	0.86	12152,10	1153,21	10998,80
4	1.14	16108,60	1158,63	14949,97
5	1.10	15543,39	1164,05	14379,34
6	0.41	5793,44	1142,92	4650,52
7	0.61	8619,51	1148,34	7471,17
8	0.96	13565,14	1153,76	12411,38
9	1.62	22891,17	1159,18	21731,99
10	1.51	21336,83	1164,60	20172,23

5. CONCLUSIONES

1. La aplicación de EcoMic® con inóculo del ecotipo *Glomus hoi like* incrementó el desarrollo en grosor del tallo, la productividad y la eficiencia de *Phaseolus vulgaris* L. en el uso de los fertilizantes fosfóricos.
2. La aplicación de EcoMic® con inóculo del ecotipo *Glomus hoi like* no afectó el crecimiento en altura del tallo y produjo los mayores incrementos en el diámetro cuando se combina con 60 kg.ha⁻¹ de Nitrógeno, Fósforo y Potasio respectivamente.
3. La aplicación de EcoMic® con inóculo del ecotipo *Glomus hoi like* cuando se combina con 60,kg.ha⁻¹ de fósforo , afectó los componentes del rendimiento incrementando el número de vainas por planta en un 37%, la masa de las vainas por planta en un 24%, el número de granos por planta en un 55%, la masa de los granos por planta en un 42%; sin embargo para la masa de 1000 granos fue determinante solo la aplicación de fertilizante fosfórico a una dosis de 60 kg.ha⁻¹ de fósforo en 8%.
4. Se obtuvieron los mayores rendimientos 1.62 t.ha⁻¹ cuando se aplicó EcoMic® combinado con 60 kg.ha⁻¹ fósforo con un incremento del 42 % y del 25% de la eficiencia en el uso de estos fertilizantes.
5. La opción más viable desde el punto de vista económico resultó ser cuando se aplicó EcoMic® combinado con 60 kg.ha⁻¹ fósforo.

6. RECOMENDACIONES

1. Estudiar la residualidad de la aplicación de EcoMic a la dosis de 60 kg.ha^{-1} fósforo, para conocer si se afecta la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

7- BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, A.; P. Rodríguez y E. Furrázola. 1994. *Algunos aspectos de interés sobre la flora endomicorrizógena en dos suelos típicos de Granma*. Cultivos Tropicales 15(3): 70.
- Alemán R., Gil V., Quintero E., Saucedo O., Álvarez U., García J.C., Chacón A., Barreda A., Guzmán L. 2008. *Producción de granos en condiciones de Sostenibilidad*. Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP). UCLV. Formato Digital. 48p.
- Azcon-Aguilar, C. y Barea, J.M. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens-an overview of the mechanisms involved. Mycorrhiza, 1996. Vol. 6.p. 457- 464.
- Bago B. y Becard G. 2002. Bases of the obligate biotrophy of arbuscular mycorrhizal fungi. Mycorrhizal Technology in Agriculture. p.48
- Barea J. M. 2011. Conferencia Micorrizas y hongos micorrizógenos: tipos, evolución, biología, diversidad, ecología, fisiología, bioquímica, genómica, biotecnología y aplicaciones. Presentación. INCA. San José de las Lajas. Mayabeque. Cuba.
- Barea, J. m., Azcon-Aguilar, C. Ocampo, J.A. y Azcon R. Morfología, anatomía y citología de las micorrizas vesiculo-arbusculares. En: Fijación y Movilización Biológica de Nutrientes.II. Fijación de N y Micorrizas. Madrid: CSIC, 1991. p. 149-173.
- Baudoin, J. P., T. Vanderboght, K. Mwangombe. 2001. Crop Production in Africa. Edited by Romain H. Raenoekers. DGIC. Bruselas. P: 317-334.
- Bethlenfalvay, G. J.and J. A. Linderman. Mycorrhizae and crop productivity. Horticultural Crops Research Laboratory. USDA – ARS. (1 – 27). 1992.
- Box, J. M. 1961. Leguminosas de grano. Ed. Salvat. Barcelona. 550p.
- Cabrera, Carmen. 2000. *Frijoles. Se puede vivir en Ecopolis*. Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre, vol., 5, no. 20, 8-11.
- Cañet F.M., Avilés R., Vega M., Mirian Gordillo., Susana Calderón., Leonor Pérez. 2003. Tecnología de cosecha, beneficio y almacenamiento del grano de frijol. INIFAT. Ciudad Habana. Cuba.

- CEPAL, 2011. Subregión norte de América Latina y el Caribe: Información del sector agropecuario: las tendencias alimentarias 2000-2010 Editorial México, D.F.: CEPAL, 2011 p58. Disponible en: http://www.infoagro.go.cr/Unidad%20de%20Monitoreo%20de%20Alimentos/Boletin-No_3_Julio-2011.pdf 6 mayo 2012 8.55 pm
- Corbera J. Hernández A. 1997. Evaluación de la asociación Rhizobium, MVA sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de la soya (*Glycine Máx. L. Merrill*). Revista "Cultivo Tropicales", Edición 18 (1): 10-12.
- Espinosa, J. 2000. *Manejo de nutrientes en agricultura por sitio específico en cultivos tropicales*. Informaciones Agronómicas 39: 9-13.
- Fernández F. 2003. Capítulo 3. En *Sistemas Agrícolas Micorrizados Eficientemente, una vía hacia la agricultura sostenible. Un estudio de Caso: El Caribe*. Ed. INCA. 177pp.
- Fernández, F. 1999. *Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares (MA) sobre la producción de posturas de cafetos (C. arábica L.) en algunos tipos de suelos*. (Tesis de Doctorado).-- La Habana: INCA, 118 p.
- Franco, F., Pedroso, R., Noa, A., Castañeda, I., Rios, C., Aredondo, I., Chacón, A. 2004. Lista oficial de plantas. Material complementario para la Botánica. Universidad Central de Las Villas. Centros de estudios Jardín Botánico. Cuba.
- Furrazola, E.; R. Herrera y R. L. Ferrer. Ubicación taxonómica de cinco cepas de hongos micorrizógenos vesículo- arbusculares cultivados en el cepario del IES-ACC. Resúmenes de BIOFERTRO'92.-- Ciudad de la Habana: IES, 1992.-- p. 37.
- González, C. y R. Ferrera. Los hongos endomicorrizógenos en la producción de cultivos de interés ornamentales. Chapingo. Serie Horticultura. No. 1, 1994.
- Harley, J.L. y Smith, S.E Mycorrhizal Symbiosis. New York, Academic Press. 1983.
- Hernández A. M., Morales, M. O. Ascanio. 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. CIDEM. México.

- IES (Instituto De Ecología Y Sistemática). MicoFert®. Biofertilizante micorrizógeno.-- Ciudad de La Habana: IES, 1995.
- INCA (Instituto Nacional De Ciencias Agrícolas). Dossier del producto EcoMic® . Resultados de las campañas de validación.-- La Habana: INCA, 1998.
- Kaplan, L., N. Kaplan, 1999. *Phaseolus* in archeology. In: Genetic resources of *Phaseolus* beans. P. Gepts (Ed.). Dordrecht, Holland. Kluwer Academic Publisher. p.125-142
- Koide, R.T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *New Phytol.* 117: 365-386. 2000.
- López Y. F. 2002. Evaluación agronómica de la combinación de las cepas. *Glomus clarum* intrarradices, *Rhizobium Leguminosarum* y el hongo antagonista *Trichoderma harzianum*, utilizados como componente de la ecología del cultivo frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis en opción al grado de ingeniero agrónomo. Universidad de Cienfuegos.
- Marschner, H. y B. Dell. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil.* 159. 89-102. 1994.
- MINAGRI 2010. Evaluación de los resultados del año 2009. -- Ciudad de la Habana: Grupo Empresarial de Cultivos Varios..
- Mora, A. 1997. Origen e importancia del cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía de Maracay*, vol. 23, 225-234.
- Paneque V. M., Calaña J.M. y Plana R. 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. Folleto formato digital. INCA. San José las Lajas, La Habana, Cuba.
- Parest S. E. 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 de Cienfuegos

- Puentes, Isidrón, Maira. 1994. Monografía. Cultivo del frijol. Tema Nutrición. UCLV. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Puentes, Isidrón, Maira. 1994. Monografía. Cultivo del frijol. Tema Nutrición. UCLV. Facultad de Ciencias Agropecuarias..
- Quintero E., Martín D. y Machado J. 2003. Reducción de la carga contaminante del agroecosistema por racionalización de la fertilización mineral en frijol. Centro Agrícola, No. 3, año 30, jul.-sep., .CIAP, FCA, UCLV.
- Read D. J. 1999. Mycorrhiza - The state of the art. En: Mycorrhiza 2nd. (A. Varma y B. Hock, Eds.) Springer-Varlang, Berlin, Heidelberg.
- Redecker D. 2002. Molecular identification and phylogeny of molecular mycorrhizal fungi. Plant and Soil, vol. 244
- Riera M.N, Falcón E., Pérez A., Alcantara I. 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.
- Rivera 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..
- Rodríguez, J. 1999. Los chibchas: pobladores antiguos de los andes orientales. Aspectos bioantropológicos. [Consultado: 07/10/06]. Disponible en la World Wide Web: <<<http://www.colciencias.gov.co/seiaal/documentos/jvrc04c4c3.htm>>>
- Schüßler A., Schwarzott, D., Chistopher W. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota; phylogeny and evolution. Mycol. Res., 2001, vol. 105, no. 12 p. 1413-1421.
- Sieverding, E. and T. S. Toro. 1988. Influence of soil water regimens on VA-mycorrhiza. Performance of different VAM fungal species with cassava. Journal of Agronomy and Crop Science 161(5): 322-332.
- Sieverding, E., 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit. (GTZ) GMBH, Federal Republic of Germany. 371pp.
- Siqueira, Jj. O. E. A. A. Franco. 1988. Biotecnología do solo. Fundamentos e

perspectivas.--Brasilia: Ed. MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS, -- p.125-177.

Socorro, M. A., D. Martín. 1989. Granos. Edit. Pueblo y Educación. La Habana. 318p.

Tapia, H.: 1983. Frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Ministerio de desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria. Nicaragua :42-55.

Vavilov, A. 1951. Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas. Buenos Aires. p. 57-72.

Voysest, V.O. 1989. Resumen del PROFRIZA, CCIAT, Cali, Colombia.

Wikipedia, the free encyclopedia, 8 May 2008 disponible en "<http://en.wikipedia.org/wiki/Cowpea>".

Yaquelin Rodríguez, 2005. Aspectos relacionados con las bases bioquímicas de la simbiosis micorrizica arbuscular. Rev. Cultivos tropicales. Vol. 26. no. 1. p 11- 19.

8- Anexos

Evaluación económica

Tratamiento	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Micorriza	Total
1	22.99	-	19.39	-	42,38
2	22.99	5.42	19.39	-	47,80
3	22.99	10.84	19.39	-	53.22
4	22.99	16.26	19.39	-	58.64
5	22.99	21.68	19.39	-	64.06
6	22.99	-	19.39	0.55	42.93
7	22.99	5.42	19.39	0.55	48.35
8	22.99	10.84	19.39	0.55	53.77
9	22.99	16.26	19.39	0.55	59.19
10	22.99	21.68	19.39	0.55	64.61