



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE GRADUACION

**Micorrizas y rhizobium: opciones agroecológicas
para la nutrición del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.),
Managua-Ticuantepe 2016**

AUTORES

Br. María José Blandón Duarte
Br. Mario José García Chavarría

ASESORES

Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez
MSc. Andrea María Zamora Jarquín
Ing. Jairo Josué Chávez Roa

Managua, Nicaragua

Noviembre, 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**Micorrizas y rhizobium: opciones agroecológicas
para la nutrición del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.),
Managua-Ticuantepe 2016**

AUTORES

Br. María José Blandón Duarte
Br. Mario José García Chavarría

ASESORES

Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez
Msc. Andrea María Zamora Jarquín
Ing. Jairo Josué Chávez Roa

Trabajo presentado ante el honorable comité evaluador
como requisito final para optar al
grado de ingeniero agronomo

Managua, Nicaragua

Noviembre, 2017

CONTENIDO

Sección	Página
DEDICATORIA	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE DE CUADROS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo General:	3
2.2. Objetivos Específicos:	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Ubicación y fecha del estudio	4
3.1.1. Diseño metodológico	5
3.2. Material biológico y fertilizante sintético utilizado	5
3.3. Manejo del ensayo	6
3.3.1. Preparación del terreno	6
3.3.2. Inoculación de la semilla	6
3.3.3. Siembra	6
3.3.4. Fertilización sintética	6
3.3.5. Manejo de arvenses	6
3.3.6. Plagas y enfermedades	6
3.3.7. Cosecha	7
3.4. Variables evaluadas	7
3.4.1. Estado de crecimiento	7
3.4.2. Momento de la cosecha	8
3.5. Variables evaluadas en laboratorio	9
3.5.1. Recolección de muestras en campo para análisis en laboratorio	9
3.5.2. Número de nódulos viables	9
3.5.3. Tinción de raíces para observar la colonización micorrízica	9
3.5.4. Porcentaje de colonización de micorrizas	10
3.5.5. Descripción del análisis estadístico	11

3.5.6.	Análisis económico	11
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
4.1.	Variables de crecimiento	12
4.1.1.	Altura de planta (cm)	12
4.1.2.	Diámetro del tallo (mm)	13
4.1.3.	Longitud de la hoja (cm)	14
4.1.4.	Hojas trifoliadas	15
4.2.	Variables de rendimiento	16
4.2.1.	Evaluación del rendimiento y sus componentes	16
4.3.	Variables evaluadas en laboratorio	17
4.3.1.	Evaluación de porcentaje de micorrización y Nódulos viables por planta	17
4.4.	Análisis económico	19
4.4.1.	Análisis de presupuesto parcial	19
V.	CONCLUSIONES	22
VI.	RECOMENDACIONES	23
VII.	LITERATURA CITADA	24
VIII.	ANEXOS	27

DEDICATORIA

Dedico el esfuerzo de la realización del trabajo de investigación a Dios por darme la vida, porque en la inmensidad de su amor supo guiarme por el buen camino.

A mis padres *Ana María Duarte y Juan José Blandón* por su apoyo, consejos, amor comprensión, y ayuda en los momentos más difíciles de mi vida y por brindarme los recursos necesarios para poder culminar mis estudios.

A mis hermanas *Yericka y Cindy Blandón* por ser mi ejemplo a seguir e incentivarme a continuar siempre adelante.

Br. María José Blandón Duarte

DEDICATORIA

Dedico el esfuerzo y realización del trabajo de investigación a Dios padre celestial quien me ha dado amor, sabiduría e inteligencia y por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mis padres *Gloria Esmeralda Chavarría y Mario José García* por su apoyo incondicional durante toda mi vida, por motivarme a levantarme y seguir luchando aun en los momentos que me sentía derrotado y por brindarme los recursos necesarios para poder culminar mis estudios.

A mis tías *Marcia García y Beberly Pallais* por estar siempre presentes brindándome palabras de aliento para cumplir mis objetivos

Br. Mario José García Chavarría

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro padre celestial por brindarnos su amor y por darnos la oportunidad de obtener otro triunfo personal en nuestras vidas.

En especial agradecemos a nuestro asesor *Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez* por su entera disposición y por inculcarnos el sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico para la realización de este trabajo.

A la *Ing. MSc. Andrea Zamora* por su valiosa ayuda, conocimientos brindados y por su disposición para la elaboración de este escrito.

Al *Ing. Jairo Chávez* por sus aportes para el enriquecimiento de este trabajo.

A la **Universidad Nacional Agraria (UNA)** por habernos forjados como profesionales.

Al **Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria**, por haber financiado nuestro trabajo de culminación de estudio.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron con este trabajo investigativo.

Br. María José Blandón Duarte

Br. Mario José García Chavarría

INDICE DE CUADROS

Cuadro	página
1. Características Físicas y Químicas del suelo de Finca Santa Lastenia, Ticuantepe Managua 2016.....	4
2. Descripción de tratamientos evaluados en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, postrera, 2016.....	5
3. Significancia estadística de altura de plantas (cm) en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, evaluados en postrera, 2016.	13
4. Significancia estadística de diámetro del tallo (mm) en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, evaluados en época de postrera, 2016.	14
5. Significancia estadística de longitud de la hoja (cm) en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, evaluados en época de postrera, 2016.	15
6. Significancia estadística de hojas trifoliadas por planta, en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, evaluados en época de postrera, 2016.	16
7. Datos de vainas por planta, granos por vaina, peso de 1000 semillas, rendimiento en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, evaluados en época de postrera, 2016.	17
8. Porcentaje de micorrización y nódulos viables por planta en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, evaluados en época de postrera, 2016.	19
9. Presupuesto parcial de los tratamientos en estudio en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, evaluados en época de postrera, 2016.	21

RESUMEN

El estudio fue realizado en la Finca de innovación tecnológica Santa Lastenia en el municipio de Ticuantepe-Managua, en época de postera. El objetivo del experimento fue evaluar la efectividad de la inoculación de micorriza y rhizobium con y sin fertilización sintética sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y colonización del frijol Variedad INTA Sequía Precoz, se utilizaron cepas de *Rhizobium phaseolus* y *Glomus intraradices* aplicados mediante el método de recubrimiento de semilla. El diseño utilizado fue un unifactorial con bloques completos al azar, con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de plantas, diámetro del tallo, longitud de la hoja, número de hojas trifoliadas, vainas por planta, granos por vaina, peso de 1,000 granos, rendimiento, nódulos viables por planta y porcentaje de micorrización de la raíz. Los datos se procesaron usando un análisis univariado de varianza (ANOVA) y se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$). Para las variables de crecimientos los tratamientos donde se aplicó fertilizante fueron superiores a los tratamientos donde se aplicaron los inoculantes de forma simple y combinada. En las variables de rendimiento no hubo diferencias estadísticamente significativas, los tratamientos que obtuvieron mayor rendimiento fue la combinación de micorrizas con fertilizante 18-46-0 con rendimiento de 1,108.7 kg ha⁻¹ y la combinación de los inoculantes de micorrizas con rhizobium con rendimiento de 1106.9 kg ha⁻¹. Para la variable nódulos viables por planta se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos inoculados con Rhizobium, del mismo modo para la variable porcentaje de micorrización de la raíz se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos inoculados con micorrizas. El análisis económico de presupuesto parcial y relación beneficio costo demostró que la tecnología más económicamente factible es la inoculación simple de micorrizas y rhizobium ya que por cada dólar invertido se recuperan 73.6 U\$ y 53.6 U\$ respectivamente.

Palabras claves: inoculantes, frijol común, rendimiento.

ABSTRACT

The study was carried out in the technological innovation estate Santa Lastenia in the municipality of Ticuantepe-Managua, at the time of the last. The objective of the experiment was to evaluate the effectiveness of the inoculation of mycorrhizal and rhizobium with and without synthetic fertilization on the growth, development, yield and colonization of the INTA Early Drought Variety strains of *Rhizobium phaseolus* and *Glomus intraradices* applied by the method of seed coating. The design used was a unifactorial with randomized complete blocks, with seven treatments and four repetitions. The variables evaluated were: plant height, stem diameter, leaf length, number of trifoliate leaves, pods per plant, grains per pod, weight of 1,000 grains, yield, viable nodules by plant and percentage of root mycorrhization. The dates were processed using a univariate analysis of variance (ANOVA) and Tukey's multiple range test ($P \leq 0.05$) was used. For the growth variables, the treatments where fertilizer was applied were superior to the treatments where the inoculants were applied in a simple and combined way. In the performance variables there were no statistically significant differences, the treatments that obtained the highest yield were the combination of mycorrhizae with fertilizer 18-46-0 with yield of 1,108.7 kg ha⁻¹ and the combination of the mycorrhizal inoculants with rhizobium with yield of 1106.9 kg ha⁻¹. For the variable nodules per plant, statistically significant differences were found in the treatments inoculated with *Rhizobium*. Likewise, for the variable percentage of root mycorrhization, statistically significant differences were found in treatments inoculated with mycorrhizae. The partial budget economic analysis

Key words: inoculants, common bean, yield

I. INTRODUCCIÓN

El frijol es uno de los principales granos que constituyen la dieta alimenticia básica en las familias nicaragüenses con un consumo percapita de 13.9 kg de frijol al año. Su producción se encuentra en manos de pequeños productores los cuales son de subsistencia, caracterizándose por contar con pocos recursos económicos, bajo nivel tecnológico y con pocos conocimientos del mercado nacional e internacional (Paz *et al.*, 2007).

Según el plan de producción consumo y comercio (2017-2018), en Nicaragua durante el ciclo productivo 2015-2016, se establecieron 224,002.6 ha¹ de frijol de las cuales se obtuvo una producción total de 3, 825,409.1 kg.

Gliessman (2002), menciona que los bajos rendimientos en los cultivos están influenciados por una serie de factores que limitan la producción, entre los que se destacan; la pérdida de fertilidad del suelo debido al uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos que son incorporados de forma masiva y sin sustentación técnica adecuada, por eso es necesario la búsqueda de alternativas que permitan emplear un manejo más natural en los sistemas de producción.

Es por ello que este razonamiento nos brinda una pauta para adoptar en la agricultura moderna microorganismos que aumenten el potencial productivo de las plantas como una opción que permita reestablecer el rol ecológico de la microbiología del suelo con los cultivos, objetivo que según (Paillacho, 2010), se puede realizar a través de la reducción gradual de fertilizantes químicos.

En la actualidad se han realizado estudios sobre la efectividad de la acción sola y combinada de los microorganismos *Rhizobium etli* y micorrizas arbusculares en frijol, en donde se ha demostrado el efecto benéfico para estimular la productividad del cultivo (Liriano *et al.*, 2012) Los autores antes mencionados encontraron que combinando micorrizas y *Rhizobium* se logra incrementar los rendimientos del frijol hasta en un 64.2 % en comparación con el testigo. Otro grupo de autores (Avilés y centeno 1999; Pajarito *et al.*, 2008) han planteado que los beneficios de utilizar micorrizas y *Rhizobium* no son tan relevantes ya que encontraron que los rendimientos en el cultivo de frijol no se vieron beneficiados significativamente por el uso de las alternativas biológicas antes mencionadas.

En Nicaragua poco se sabe del beneficio de las micorrizas y Rhizobium como alternativa viable y ecológica para la producción agrícola, esto hace que estas alternativas biológicas sean poco empleadas en el país. En vista de lo anterior se planteó esta investigación con el propósito de comprobar la efectividad de micorrizas y rhizobium como opción agroecológica para la nutrición del frijol en la variedad INTA Sequia Precoz en las condiciones ambientales de Ticuantepe-Managua.

Los resultados de esta investigación proporcionaran una base técnica sobre el uso de micorrizas y rhizobium en condiciones similares a aquellas donde se realizó la investigación. Además se beneficiará directamente a los productores de frijol de la zona ya que podrán contar con una alternativa al uso de la fertilización sintética tradicional. La disminución del uso de fertilizantes sintéticos, adicionalmente, implicará una menor contaminación al ambiente. Por todo lo antes expuesto se han planteado los siguientes objetivos.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General:

Evaluar Micorrizas y Rhizobium con y sin fertilización sintética como opción agroecológica para la nutrición del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad INTA Sequía Precoz.

2.2. Objetivos Específicos:

Determinar el efecto individual de micorrizas y Rhizobium y en distintas combinaciones con el fertilizante 18-46-0 sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del frijol.

Realizar un análisis de presupuesto parcial de los tratamientos en estudio con el fin de determinar el más rentable para los productores.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y fecha del estudio

El estudio se realizó en septiembre del 2016 en el municipio de Ticuantepe ubicado entre las coordenadas 12° 01' de latitud Norte y 86° 12' longitud Oeste a unos 18 km de la capital Managua, con una altitud que va desde los 300 a los 600 msnm, con temperaturas que oscilan de 19.4 a 26.5 °C, su precipitación promedio es de 1,422.9 mm anuales. El uso actual de sus suelos se refleja que el cultivo de la piña constituye el principal rubro productivo con un aporte del 25.2 % y otros cultivos anuales como el frijol con el 9.6 %, (Fundación Desarrollo y Ciudadanía, 2013).

De manera específica el ensayo de campo se estableció en la comunidad Buenos Aires en la Finca Santa Lastenia que pertenece al productor Sergio Gómez, la cual es una finca de investigación e innovación tecnológica.

Las características del suelo donde se estableció el ensayo de campo se describen en el cuadro siguiente: Suelo franco arenoso, con un pH ligeramente alcalino, con contenidos medio de Nitrógeno, Fósforo y Materia Orgánica y altos contenidos de Potasio. En vista del resultado del análisis de suelo se utilizó la fórmula 18-46-0 para la fertilización del cultivo.

Cuadro 1. Características Físicas y Químicas del suelo de Finca Santa Lastenia, Ticuantepe Managua 2016.

pH	MO	N	P	K	CIC	Fe	Cu	Zn	Mn
	%	%	Ppm	me/100 g de suelo		Ppm			
7.8	2.8	0.14	15.38	4.12	31.62	31.35	6	9.75	40.30

(Laboratorios de suelo y agua de la UNA, 2016)

3.1.1. Diseño metodológico

El estudio consistió en un experimento de campo unifactorial siendo el factor en estudio nutrición de frijol. Se propuso estudiar distintas combinaciones de micorriza y Rhizobium con fertilizante sintético 18-46-0. Cada tratamiento constó de 4 repeticiones, la unidad experimental a la que se asignó cada tratamiento estuvo conformada por 4 surcos de 5 m de largo separados a 0,60 m, con un área de 12 m² (2.4 x 5 m). Dentro de cada unidad experimental se delimitó la parcela útil la cual consistió en dos surcos centrales dejando 0.50 m de cabecera para obviar el efecto de borde, para obtener un área de 4.8 m². En total se estudiaron siete combinaciones de los materiales antes descritos, Los tratamientos evaluados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Descripción de tratamientos evaluados en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, postrera, 2016.

Tratamiento	Descripción
T 1	Rhizobium
T2	Rhizobium más micorriza más fertilizantes 18-46-0
T3	Rhizobium más fertilizante 18-46-0
T4	Testigo
T5	Rhizobium más micorriza
T6	Micorriza
T7	Micorriza más fertilizante 18-46-0

3.2. Material biológico y fertilizante sintético utilizado

El material utilizado fue de 270 g de semilla de frijol variedad INTA Sequía Precoz, 4 g de rhizobium (*Rhizobium phaseoli*) y 6 g de micorrizas (*Glomus intrarradices*) por tratamiento estos fueron inoculados mediante el método de recubrimiento de semilla. En el caso del fertilizante sintético se utilizó 77 g por tratamiento, se aplicó la dosis al 50 % de lo recomendado porque se quiere reducir el uso de fertilizantes sintéticos a la mitad de su uso habitual. Los inoculantes utilizados de micorrizas y Rhizobium, fueron proporcionados por el laboratorio del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuaria (CNIA), Managua, quien es el encargado de estas investigaciones en la región III.

3.3. Manejo del ensayo

3.3.1. Preparación del terreno

La primera actividad realizada fue la preparación del suelo, el cual se hizo mediante tracción animal equina y arado Egipcio.

3.3.2. Inoculación de la semilla

Los inoculantes a base de micorrizas y rhizobium en formulación en polvo, se emplearon mediante el método de recubrimiento de semillas, utilizando un adherente tradicional a base de agua con azúcar en una bolsa de plástico con su respectiva cantidad de semilla por tratamiento.

3.3.3. Siembra

La siembra se realizó en la segunda semana de septiembre. La distancia de siembra entre surcos fue de 0.6 m y entre planta 0.2 m para obtener una densidad de 43,331.6 plantas por hectárea.

3.3.4. Fertilización sintética

Al momento de la siembra se aplicó 18-46-0, en base a la recomendación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2013) considerando como dosis óptima la aplicación de 64.69 kg ha⁻¹ pero esta dosis se redujo al 50 % aplicando solamente 32.35 kg ha⁻¹. Esto se hizo con el objetivo de contribuir a una reducción y posterior sustitución gradual del fertilizante. Al momento de la floración se aplicó en todos los tratamientos Tacreknir a razón de 2 kg ha⁻¹.

3.3.5. Manejo de arvenses

El manejo de arvenses se realizó de forma manual utilizando azadón y machete, basándose en el criterio de mantener el cultivo libre de maleza a los 30 dds (días después de siembra) o hasta el cierre completo de las calles del cultivo (Aleman, 2004).

3.3.6. Plagas y enfermedades

Durante el ensayo no se realizó el control de enfermedades ya que el cultivo no presentó afectación de las mismas. Para el control de plagas se hizo una aplicación de cypermetrina a los 23 dds por la presencia de la malla del frijol (*Diabrotica balteata*).

3.3.7. Cosecha

La cosecha se llevó a cabo en los 2 surcos centrales por tratamiento y se dejaron 0.50 m de cabecera para obviar el efecto de borde. La cosecha se realizó de forma manual cuando las plantas alcanzaron la senescencia. Luego, se procedió al secado de las vainas, de forma natural (al sol), con el objetivo de reducir el contenido de humedad del grano proveniente del campo, para realizar el aporreo y evitar que se combinaran las muestras de cada tratamiento estas se introdujeron en sacos debidamente etiquetados y con ayuda de una rama cortada se procedió a realizar el aporreo, luego inmediatamente se realizó la limpieza del grano.

3.4. Variables evaluadas

La variable principal en el experimento es el rendimiento de grano del cultivo, sin embargo se evaluaron otras variables entre ellas algunas morfológicas y otras relacionadas con el rendimiento mismo (a nivel de campo) y con los tratamientos biológicos en estudio (a nivel de laboratorio). Para medir las variables relacionadas con el crecimiento y cosecha del cultivo se tomó una muestra de 10 plantas tomadas al azar dentro de la parcela útil según la metodología propuesta por (Muños y Fernández de Soto, 1993).

Con relación a las variables evaluadas en el laboratorio, las metodologías utilizadas fueron propuestas por los siguientes autores. (Giovannetti y Mosse 1980, CIAT, 1988; Cornejo, 2006).

3.4.1. Estado de crecimiento

Altura de planta (cm)

La altura de planta se midió con cinta métrica, desde el área basal del tallo hasta la última hoja trifoliada

Número de hojas trifoliadas

Se contaron las hojas trifoliadas en una muestra de 10 plantas y luego se calculó el valor promedio por planta.

Diámetro del tallo (mm)

Se midió el diámetro de la parte basal del tallo de las plantas con un vernier.

Longitud de la hoja (cm)

Esta variable se midió en el envés del foliolo central, desde el punto de inserción de la lámina foliar en el peciolo, hasta el ápice del foliolo.

3.4.2. Momento de la cosecha

Número de vainas por plantas

Se contaron las vainas que poseían al menos un grano bien formado en cada planta muestreada.

Número de granos por vainas

Se utilizaron las mismas vainas que se emplearon al contar las vainas por plantas y se contaron el número de granos que contenían.

Peso de mil granos (g)

Se tomaron cuatro réplicas de cien semillas para cada parcela útil, se pesó y se determinó el promedio, luego se multiplicó por diez para obtener el peso de mil semillas, en gramos.

Rendimiento (kg ha⁻¹)

De cada parcela útil se recolectó el grano producido, Las muestras fueron pesadas en una balanza electrónica marca Cole-parmer, luego se midió la humedad del grano con un Medidor de Humedad Draminski DR-TWIST y el peso fue ajustado 14 por ciento de humedad mediante la siguiente Fórmula:

$$PF = PI (100 - HI) / (100 - HF)$$

En donde PI = peso inicial (kg/ha)

PF = peso final (kg/ha)

HI = % de humedad inicial en el grano

HF = % de humedad final a la que se desea ajustar el rendimiento (14 %)

3.5. Variables evaluadas en laboratorio

3.5.1. Recolección de muestras en campo para análisis en laboratorio

La recolección de las raíces se hizo en el momento de cosecha siguiendo la metodología descrita por el (CIAT, 1988), donde cada en parcela se eligieron 10 plantas al azar las cuales se extrajeron cavando a una profundidad de 50 cm con una coba, se procuró extraer raíces completas y con el mayor número de nódulos posibles. Para efecto del conteo de los nódulos y la determinación del porcentaje de micorrización se trasladó en bolsa de papel kraf debidamente etiquetado todo el sistema radical con su respectiva tierra al laboratorio de Agrobiotecnología del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuaria (CNIA), donde se conservaron las raíces en un cuarto frío.

3.5.2. Número de nódulos viables

En cada planta se cortaron todos los nódulos de las raíces con ayuda de una tijera uno por uno, luego se guardaron las raíces nuevamente en el cuarto frío, posteriormente con ayuda de una pinza se introdujeron los nódulos en tubos falcón con agua estéril por 1 día, contándose al siguiente día los nódulos que tenían un color rosado o rojo intenso como viables (CIAT, 1988)

3.5.3. Tinción de raíces para observar la colonización micorrízica

Según la metodología descrita por (Philips y Hayman, 1970; Koske y Gemma, 1989, citado por Cornejo, 2006), la evaluación de colonización micorrízica de la raíz se puede realizar a través del método de tinción de raíces” a través de los siguientes pasos:

Primeramente se pesó 1 gramo de raíces utilizando una balanza Cole-parmer , posteriormente se colocó en un plato Petri donde se hizo limpieza con agua estéril y una gota de twin 20 durante 3 minutos, luego se lavaron las raíces de 2 a 3 veces con agua estéril para que estuviesen completamente limpias, se cortaron 20 fragmentos de raíz de 1 cm de longitud que fueron debidamente colocados en tubos falcón de 15 ml y se les agrego una solución de KOH al 10 %, luego las raíces se dejaron en baño María por 20 minutos y se lavaron de 2 a 3 veces para eliminar el exceso del KOH al 10 %, luego con ayuda de una pinza los fragmentos de raíz fueron colocados en un caset plástico para bioxia, estas se sumergieron en H₂ O₂ por 30 minutos y transcurrido este tiempo se eliminó el exceso de H₂ O₂ en un papel toalla y se sumergió en HCL al 1 % por 5 minutos, posteriormente se eliminó el exceso de HCL al 1 % y se colocaron con ayuda de una pinza nuevamente los fragmentos de raíz en los tubos falcón en este paso se le agrego una solución de azul de tripano (al 0,05 % en lactoglicerol) se incubo en baño María por 15 minutos y posteriormente se le saco el exceso a las raíces ya teñidas.

3.5.4. Porcentaje de colonización de micorrizas

Se realizó según la metodología de Giovannetti y Mosse (1980) la que se explica, brevemente, a continuación.

Lo primero que se hizo fue colocar al azar las raíces previamente teñidas en un plato Petri de cuadrícula de 100 x 100 x 15 mm, inmediatamente se agregó una gota de glicerol con una pipeta de Pasteur. Se contaron el número de intercepciones de la raíz y las líneas de la cuadrícula tanto horizontales como verticales.

Después se observaron las intersecciones en el microscopio para encontrar formaciones de micorrizas, si las formaciones se encontraban en el punto de intercepción entre la raíz y la línea de la cuadrícula se contaba como positivo y si la intercepción no tenía presencia de formaciones de micorrizas se contaba como negativo, con los datos obtenidos se determinó el porcentaje de colonización de micorrizas a través de la siguiente ecuación.

$$\% \text{ de colonización micorrízica} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de intersección de raíz micorrizada}}{\text{n}^\circ \text{ de intersecciones entre la raíz y las líneas de la cuadrícula}} \times 100$$

3.5.5. Descripción del análisis estadístico

Los datos obtenidos en campo fueron procesados mediante el análisis univariado de varianza. En dependencia de los resultados del análisis univariado de varianza por cada variable se procedió a la comparación de medias, a través de la prueba de rangos múltiples de Tukey al $P=0.05$ % de significancia. Una vez obtenida la significancia se realizó un análisis mediante contrastes ortogonales en las variables de número de nódulos viables y porcentaje de micorrización únicamente en los tratamientos donde se aplicaron los inoculantes para conocer los tratamientos con mayor efecto. Los análisis se realizaron mediante el paquete estadístico JMP versión 11.0.0 El modelo aditivo lineal que se utilizó en el experimento fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}.$$

$i = 1, 2, 3, \dots, t \dots$ Tratamientos.

$j = 1, 2, 3, \dots, r =$ repeticiones.

Y_{ij} = La j -ésima observación del i -ésimo tratamiento.

μ = Es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento.

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento.

β_j = Estimador del efecto debido al j -ésimo bloque.

ε_{ij} = Efecto aleatorio de variación.

3.5.6. Análisis económico

Con el fin de establecer y comparar los costos de producción y el beneficio económico de los tratamientos evaluados, se realizó un presupuesto parcial según metodología propuesta por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (CIMMYT, 1988).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables de crecimiento

A través del análisis univariado de varianza, podemos decir que para las variables de crecimiento a los 18 dds no se aprecian diferencias significativas entre tratamiento, observándose las diferencias más marcadas entre tratamiento de los 25 dds en adelante.

En general los tratamientos inoculados de manera simple con Rhizobium y micorriza más el fertilizante 18-46-0 y aquellos coinoculados con Rhizobium más micorrizas y 18-46-0, se comportaron de manera estadísticamente similar en todas las variables de crecimiento evaluadas, siendo estos a su vez los que contribuyeron mayoritariamente en la expresión significativa de los valores promedio de dichas variables.

Estos resultados indican que la inoculación de plantas con micorrizas y rhizobium suplementadas con fertilizante sintético responde satisfactoriamente en la promoción del crecimiento del cultivo.

4.1.1. Altura de planta (cm)

La altura es una variable fácil de medir, y en ella intervienen varios factores como luz, humedad, calor y nutrientes. La altura ideal de cada especie está determinada por un rango que ha sido obtenido por el éxito de las plantaciones. (Birchler *et al.*, 1998)

En el cuadro 3 Se aprecia que a los 25 dds los tratamientos Micorrizas más 18-46-0, Rhizobium más micorrizas con 18-46-0 y Rhizobium más 18-46-0 presentaron diferencias significativas ubicándose en la primer categoría con los valores representativos en la promoción de la altura del frijol Cv. INTA Sequia Precoz, sin embargo a los 32 dds el tratamiento que presento mayor altura fue Micorrizas más 18-46-0 siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos. Se observa que los tratamientos que fueron inoculados de manera simple y combinada con Rhizobium y micorrizas presentan un menor crecimiento longitudinal en comparación con los tratamientos que fueron inoculados y suplementados con fertilización sintética, esto demuestra que la inoculación de la semilla por sí sola no favorece el crecimiento longitudinal de las plantas.

Por otra parte el testigo presenta una altura superior a los tratamientos inoculados, estos resultados son similares a los obtenidos por Avilés y centeno (1999) quienes mencionan que esto prueba que además de existir cepas nativas en el suelo estas se encuentran mejor adaptadas bajo esas condiciones. Por otra parte era de esperarse un bajo crecimiento longitudinal del cultivo durante los primeros días ya que “las características de crecimiento lento de una planta según Sinha (1978, citado por Avilés y Centeno, 1999) son la suma de sus actividades funcionales durante su ciclo vital y una de las causas del crecimiento lento puede ser atribuido a la demora en el establecimiento de la simbiosis del microorganismo con la planta”. Así mismo Terry y Leyva (2006) demuestran que la acción de los hongos micorrízicos arbusculares es más evidente después de los 37 dds, mientras el efecto de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal es más rápido y evidente desde los 17 dds.

Cuadro 3. Significancia estadística de altura de plantas (cm) en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, evaluados en postrera, 2016.

Tratamientos	18 dds	25 dds	32 dds
Micorrizas	18.4 a	30.1 c	94.1 bc
Micorrizas+18-46-0	23.3 a	70.0 a	115.7 a
Rhizobium	20.0 a	52.5 b	92.4 c
Rhizobium+18-46-0	21.2 a	65.8 a	101.7 abc
Rhizobium + Micorrizas	21.8 a	39.1 c	92.2 c
Rhizobium+Micorrizas+18-46-0	22.6 a	66.8 a	108.5 ab
Testigo	17.9 a	35.5 c	99.2 bc
P < F	0.1050	0.0001	0.0005

4.1.2. Diámetro del tallo (mm)

El diámetro del tallo es consecuencia del crecimiento secundario de las plantas es una característica cuantitativa que está determinada por condiciones ambientales (Debouk y Hidalgo, 1984)

En el cuadro 4 se aprecia que a los 25 dds los tratamientos donde se aplicó fertilizante 18-46-0 mostraron diferencias significativas en comparación al testigo absoluto y a los tratamientos que fueron inoculados de manera simple y combinada con Rhizobium y micorrizas, lo que nos indica que este efecto fue debido a la aplicación del fertilizante sintético, Estos resultados están acorde

con los obtenidos por Avilés y centeno (1999) en donde la mezcla introducida de cepas de rhizobium no fomento el engrosamiento de la planta.

Por el contrario a los 32 dds hubieron diferencias significativas más notables, evidenciando la interacción tratamiento por el tiempo donde el único tratamiento que obtiene el mayor diámetro es Rhizobium con micorrizas más 18-46-0, observándose en las medias un aumento del diámetro del tallo principalmente en los tratamientos donde se aplicó micorrizas evidenciando el efecto mayor del hongo en esta fase particular del crecimiento del cultivo, esto concuerda con (Paillacho, 2010) quien encontró diferencias significativas en los tratamientos donde se aplicó micorrizas demostrándose un aumento de la variable diámetro del tallo a partir de los 30 dds.

Cuadro 4. Significancia estadística de diámetro del tallo (mm) en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, evaluados en época de postrera, 2016.

Tratamientos	18 dds	25 dds	32 dds
Micorrizas	3.4 a	3.4 d	5.0 bc
Micorrizas+18-46-0	4.1 a	5.1 a	5.4 ab
Rhizobium	3.3 a	4.0 c	4.5 c
Rhizobium+18-46-0	4.0 a	5.4 a	5.1 b
Rhizobium + Micorrizas	3.9 a	4.0 c	5.0 b
Rhizobium+Micorrizas+18-46-0	4.1 a	5.1 a	5.7 a
Testigo	3.5 a	4.6 b	4.9 bc
P < F	0.0361	0.0001	0.0001

4.1.3. Longitud de la hoja (cm)

Antes de examinar esta variable tenemos que tener en cuenta que el tamaño y la orientación espacial de las hojas también afecta la eficiencia de la intercepción de la radiación, las hojas pequeñas y bien espaciadas aprovechan más eficientemente la radiación, que las hojas grandes y muy juntas que proporcionan un excesivo sombreado a las hojas inferiores, además hay variación en la eficiencia de la intercepción de la luz debido al hábito de crecimiento. (White, 1988).

En el cuadro 5 se observa que a los 25 dds los tratamientos de Micorrizas más 18-46-0, Rhizobium más 18-46-0, Rhizobium más micorrizas más 18-46-0 fueron los tratamientos que presentaron diferencias significativas esto se le atribuye al uso del fertilizante 18-46-0 ya que en todos los tratamientos antes mencionados se hizo aplicación del mismo.

Satizabal y Rehman (1987) atribuyen que dicha inferioridad en las primeras fechas se debe a la extracción de carbohidratos de la planta huésped por la bacteria o a la competencia de las raíces y los nódulos por los nutrientes del suelo.

Así mismo a los 32 dds se encontraron diferencias significativas siendo el tratamiento Rhizobium más micorrizas y 18-46-0 claramente superior a los demás a partir de esta fecha ya se comienza a observar el efecto de los inoculantes aplicados ya que las medias son similares entre el resto de los tratamientos. (Crush, López et al.; Mosse, Munns y Mosse; Saif, 1987, citado por Satizabal y Rehman, 1987) atribuyen este comportamiento a que “las micorrizas le permitió al Rhizobium o a la planta de frijol aprovechar más eficazmente los fosfatos presentes en el suelo”.

Cuadro 5. Significancia estadística de longitud de la hoja (cm) en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, evaluados en época de postrera, 2016.

Tratamientos	18 dds	25 dds	32 dds
Micorrizas	9.3 a	11.4 bc	11.9 ab
Micorrizas+18-46-0	10.7 a	12.0 a	12.4 ab
Rhizobium	9.5 a	11.2 c	11.6 b
Rhizobium+18-46-0	10.4 a	12.0 a	12 ab
Rhizobium + Micorrizas	10.4 a	11.2 c	12 ab
Rhizobium+Micorrizas+18-46-0	10.9 a	12.0 a	12.7 a
Testigo	9.9 a	11.8 ab	12 ab
P< F	0.1033	0.0001	0.0084

4.1.4. Hojas trifoliadas

Según Fuentes (1994, citado por Estrada y Peralta, 2004), las hojas son órganos verdes que salen del tallo y que ejecutan importantes funciones en la vida del vegetal como lo es la fotosíntesis la cual es encargada de la elaboración de materia orgánica y la transpiración que elimina el excedente de agua” En el cuadro 6 se observa que a los 18 y 32 dds para la variable número de hojas trifoliadas no se encontraron diferencias significativas entre tratamiento todos presentaron resultados similares entre sí, mientras que a los 25 dds los tratamientos Rhizobium más 18-46-0 y Rhizobium más micorrizas más 18-46-0 fueron superiores en comparación a los demás tratamientos, este comportamiento puede ser atribuido al efecto del Rhizobium en la fijación de nitrógeno más el aporte del nitrógeno mineral del fertilizante sintético 18-46-0, considerando

que el nitrógeno es un elemento indispensable para la multiplicación celular y el desarrollo de los órganos para el crecimiento de la planta. (Hernández y Batista, 2012)

Cuadro 6. Significancia estadística de hojas trifoliadas por planta, en frijol Variedad INTA Sequía Precoz, Ticuantepe-Managua, evaluados en época de postrera, 2016.

Tratamientos	18 dds	25 dds	32 dds
Micorrizas	2.6 a	5.0 c	9.1
Micorrizas+18-46-0	3.3 a	7.4ab	11.2
Rhizobium	2.5 a	5.5 c	8.9
Rhizobium+18-46-0	3.1 a	8.3 a	11.0
Rhizobium + Micorrizas	3.0 a	4.7 c	8.6
Rhizobium+Micorrizas+18-46-0	3.2 a	7.9 a	10.9
Testigo	2.5 a	6.0 bc	9.9
P< F	0.1446	0.0001	0.1892

4.2. Variables de rendimiento

4.2.1. Evaluación del rendimiento y sus componentes

En el cuadro 7. Los resultados obtenidos muestran que no existen diferencias significativas sino numéricas entre tratamientos para variables vainas por planta granos por vainas, peso de mil granos y rendimiento por ha. Señalando que los mayores rendimientos se alcanzaron en aquellos tratamientos provenientes de plantas inoculadas con micorrizas y suplementadas con el fertilizante 18-46-0, Sin embargo estos resultados no difieren significativamente de los obtenidos en los tratamientos Rhizobium más micorrizas y Rhizobium con micorriza más 18-46-0 quienes se comportaron de manera similar. De manera general se logra apreciar en estos resultados la efectividad de la coinoculación, pues los rendimientos fueron superiores con respecto a los inoculados de manera simple con rhizobium y micorrizas. Resultados similares fueron reportados por (Liriano *et al.*, 2012), quien obtuvo los mayores rendimientos en la inoculación combinada de rhizobium y Micorriza.

El testigo absoluto destaca en estos resultados por presentar un mejor rendimiento en comparación a los tratamientos inoculados de manera simple, lo que puede ser atribuido a lo expuesto por (Graham, 1981; Bliss, 1984; Graham y Temple, 1984, citado por Rosas *et al.*, 1986). Donde mencionan que “la falta de habilidad de las cepas utilizadas como inóculo para sobrevivir y competir contra las poblaciones nativas pudo haber influido en la obtención de estos resultados”.

Cuadro 7. Datos de vainas por planta, granos por vaina, peso de 1000 semillas, rendimiento en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, evaluados en época de postrera, 2016.

Tratamientos	V/P	G/V	p 1000 g (g)	R/ kg (ha)
Micorrizas	8	5	264.4	791.4
Rhizobium +Micorrizas	10	5	280.5	1106.9
Micorrizas+18-46-0	10	6	296.2	1108.7
Rhizobium+Micorrizas+18-46-0	10	5	281.2	1074.4
Rhizobium	7	5	288	737.1
Testigo	7	5	287.9	864.9
Rhizobium +18-46-0	10	5	280.2	919.0
P< F	0.2764	0.0618	0.5773	0.2678

Nota: VP: Vainas por planta; GV: Granos por vaina; p1000S (g): Peso de 1000 semillas; R/ kg (ha): Rendimiento por hectárea

Corbera y Nápoles (2011), afirman que el rhizobium y las micorrizas producen efectos aditivos de particular importancia para el rendimiento de los cultivos, siendo estos de mejor calidad fitosanitaria ya que producen un mejor desarrollo radicular y actúa como protector contra enfermedades fúngicas.

Corbera y Nápoles (2000), mencionan que el uso de estos microorganismos en la agricultura constituye una alternativa promisorio frente a los fertilizantes minerales para satisfacer las necesidades nutrimentales del cultivo y obtener adecuados niveles de rendimiento posibilitando el ahorro parcial o total de los fertilizantes minerales, así como los incrementos en los procesos biológicos que ocurren en el suelo.

4.3. Variables evaluadas en laboratorio

4.3.1. Evaluación de porcentaje de micorrización y Nódulos viables por planta

La coexistencia de micorrizas y rhizobium en las raíces de las leguminosas, establece una asociación simbiótica tripartita de gran importancia desde el punto de vista agrícola y ecológico (Satizabal y Rehman, 1987).

Los resultados de porcentaje de micorrización de la raíz indican que los tratamientos donde se aplicó el inoculante a base de micorriza obtuvieron los mejores resultados en comparación a los demás tratamientos superando claramente al testigo absoluto. Este resultado puede ser atribuido a la cantidad de fósforo disponible que se encuentran presente en el suelo, en concordancia con

lo expuesto por (Noda, 2009), quien afirma que existe mayor infección y multiplicación del hongo en aquellos suelos bien provistos de fósforo, que en aquellos con bajo contenido. Sin embargo en contraposición a lo antes mencionado (Escobar *et al.*, 1998), mencionan que se han encontrado relaciones inversas entre la concentración de fósforo en el suelo y los grados de infección de las micorrizas, afirmando que existe mayor infección de la raíz a menor disponibilidad de este elemento.

De acuerdo a (Pérez y Vertel, 2010, Citado por Pérez *et al.*, 2011), valores moderados de fósforo 18.94 ppm, nitrógeno 0.03 % y pH ligeramente alcalino 7.8 contribuyen a estimular una mayor colonización de las raíces por micelio de micorrizas. Estos datos concuerdan con el análisis de suelo que se realizó en la finca donde se estableció el experimento, donde se encontró fósforo en contenido medio de 15.38 ppm y un pH ligeramente alcalino de 7.8”.

En relación con los tratamientos que se le aplicó micorriza estos se sometieron a la prueba de contrastes ortogonales y esta demostró que no existen diferencia entre los tratamiento donde se aplicó el inoculante, lo que nos da a conocer que la colonización fue similar en estos tratamientos demostrando la efectividad del hongo *Glomus intraradices*.

En el caso de número de nódulos viables por planta los resultados obtenidos reflejan que hay diferencias significativas en los tratamientos donde se aplicó el inoculante a base de rhizobium donde todos se comportaron de manera estadísticamente similar, estos claramente son superior al testigo absoluto. A sí mismo la prueba de contrastes ortogonales muestra que no existe diferencia estadística entre los tratamientos donde se aplicó rhizobium teniendo este un efecto similar en los tratamientos.

Sin embargo el número de nódulos viables encontrados fue relativamente bajo, lo que puede ser atribuido a que la recolecta de las raíces de las plantas en campo se hizo en la senescencia del cultivo lo que pudo haber influido en el resultado obtenido ya que según el (CIAT, 1988) el momento oportuno de recolección es en la etapa de floración, donde la bacteria de Rhizobium tiene su mayor actividad biológica por ende se encuentran más nódulos viables. Otros factores que pueden haber influido en los resultados según (Binder, 1997) son la especie de rhizobium utilizada, humedad, intensidad de la luz e incluso la variedad de leguminosa utilizada.

La baja nodulación concuerda con los factores antes expuestos, ya que es característico de la zona y principalmente de la época de establecimiento del ensayo la presencia de nubosidad, factor que repercute negativamente en la formación de nódulos, resultados similares obtuvo (Avilés y Centeno, 1999) en la evaluación de nodulación de cepas de *Rhizobium* en frijol común en época de postrera donde se evidencia que bajo esas condiciones la presencia de nódulos es muy baja.

En los resultados se ha encontrado la presencia de cepas nativas tanto de *rhizobium* como de micorrizas en el testigo absoluto, esto confirma que las micorrizas y *rhizobium* se encuentran en todos los ecosistemas del planeta. (Cornejo, 2006).

Cuadro 8. Porcentaje de micorrización y nódulos viables por planta en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, evaluados en época de postrera, 2016.

Tratamientos	% M	N/P
Micorrizas	44.6 ^a	3 bc
Rhizobium +Micorrizas	42.6 ab	7 a
Micorrizas+18-46-0	41.2 ab	2 bc
Rhizobium+Micorrizas+18-46-0	38.6 ab	7 a
Rhizobium	24.1 b	8 a
Testigo	15.0 b	1 c
Rhizobium +Fertilizante	11.9 b	5 ab
P < F	0.0001	0.0001

Nota: % M: Porcentaje de micorrización; N/P: Nódulos viables por planta.

4.4. Análisis económico

Los resultados agronómicos se sometieron a un análisis económico a fin de crear información que el agricultor pueda utilizar para mejorar la productividad de sus recursos.

4.4.1. Análisis de presupuesto parcial

Este método se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y los beneficios de las nuevas tecnologías a implementar (CIMMYT, 1988).

Los costos totales variables en el presente experimentó se determinaron en costos de transporte, costo de fertilizantes, costo de inoculantes, costos de mano de obra. Los rendimientos fueron

reducidos en un 5 % con el fin de reflejar la diferencia del rendimiento experimental y lo que el agricultor podría obtener utilizando las mismas tecnologías.

El rendimiento ajustado se multiplicó por el precio del producto (0.69 U\$ dólares americanos) El precio del dólar en ese momento estaba oficialmente a 28.50 córdobas por unidad para obtener el beneficio bruto, al valor obtenido del beneficio bruto se le resta el total de los costos que varían para obtener los beneficios netos, cuadro 9.

Con relación a los costos variables cuadro 9 los tratamientos que exceden los costos son el tratamiento de micorrizas con fertilizante 18-46-0 con una cantidad de 53.62 U\$, y el tratamiento coinoculado con rhizobium y Micorrizas más suplementación del fertilizante 18-46-0 con una cantidad de 60.64 U\$. Los tratamientos que presentaron mayor rentabilidad en base a la relación beneficio costo, fue la inoculación simple de micorrizas y rhizobium ya que por cada dólar invertido se recuperan 73.6 U\$ y 53.6 U\$ respectivamente. Este resultado demuestra que la utilización de los inoculantes micorriza y rhizobium resultan una alternativa económicamente viable para la sustitución del uso de fertilizantes sintéticos que se aplican al cultivo, sin que estos repercutan negativamente en el rendimiento del cultivo y el medioambiente.

Cuadro 9. Presupuesto parcial de los tratamientos en estudio en frijol Variedad INTA Sequia Precoz, Ticuantepe-Managua, evaluados en época de postrera, 2016.

Indicadores	R	R+F	M+F	R+M+F	T	M	M+R
Rendimiento kg/ha	737.6	919.9	1108.7	1074.4	864.9	791.4	1107.0
Ajuste al 5%	36.9	46.0	55.4	53.7	43.3	39.6	55.4
Rendimiento ajustado	700.7	873.9	1053.2	1020.7	821.7	751.9	1051.6
Beneficio Bruto	486.8	607.1	731.7	709.1	570.8	522.3	730.6
Costos variables							
Costo del inoculante Rhizobium	8.9	8.9	0	8.9	0	0	8.9
Costo del inoculante micorrizas	0	0	7.0	7.0	0	7.0	7.0
Costo del fertilizante	0	36.8	36.8	36.8	0	0	0
Costo aplicación del fertilizante MO	0	7.0	7.0	7.0	0	0	0
Gasto de transporte del fertilizante	0	0.8	0.8	0.8	0	0	0
Total de costos que varían	8.9	53.6	51.6	60.6	0	7.0	15.9
Beneficio Neto	477.8	553.5	680.0	648.4	570.8	515.8	714.6
B/C	53.6	10.3	13.1	10.6	0	73.6	44.9

Nota: R: Rhizobium; R+F: Rhizobium+18-46-0; M+F: Micorrizas + 18-46-0; R+M+F: Rhizobium +Micorrizas +18-46-0; T: Testigo; M: Micorrizas; M+R: Micorrizas + Rhizobium.

V. CONCLUSIONES

La utilización de rhizobium en interacción con micorrizas dentro de un sistema de bajos insumos es una alternativa que ayuda a suplir las necesidades nutricionales del cultivo, principalmente de nitrógeno y fosforo, sino que además favorece al sistema productivo permitiendo que se acerque a su potencial de rendimiento.

Con respecto a las variables de desarrollo los inoculantes fueron inferiores en comparación a los tratamientos donde se aplicó el fertilizante 18-46-0 más sin embargo esto no afectó el rendimiento en el tratamiento coinoculado con micorrizas más rhizobium.

El tratamiento que obtuvo los mayores rendimientos fue micorrizas en interacción con el fertilizante 18-46-0 pero se obtuvieron mayores beneficios económicos con la inoculación simple de micorrizas y rhizobium según el análisis de presupuesto parcial realizado.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar la evaluación de nódulos viables por planta en época de floración ya que es la etapa recomendada para hacerlo. Y para fines de ensayos con utilización de inoculantes, se recomienda que la parcela objeto de estudio sea grande ya que el método de extracción de plantas para su evaluación es destructivo.

Para evidenciar los beneficios del uso de inoculantes se recomienda para fines de seguimiento de esta investigación, incorporar un tratamiento que contenga únicamente fertilizante sintético para comparar los resultados obtenidos en este con los inoculantes.

Realizar experimentos en diferentes zonas del país, y en diferentes cultivos con el objetivo de conocer la respuesta de los inoculantes a diferentes condiciones ambientales.

VII. LITERATURA CITADA

- Alemán Zeledón, F. 2004. Manejo de arvenses en el trópico (en línea). Managua, NI, IMPRIMATUR, UNA. Consultado el 20 ago 2016. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/2799/1/nh60a3672004.pdf>
- Avilés García, EO; Centeno Orozco, JC. Evaluación de una mezcla de cepas de Rhizobium Bajo diferentes niveles de fertilización en tres variedades de frijol rojo en Nicaragua. Tesis Ing. Managua, NI.UNA. 35p
- Binder, U. 1997. Manual de leguminosas de Nicaragua. Estelí, NI. PASOLAC. 528 p.
- Birchler, T; Rose, RW; Royo, A; Pardos, M. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación practica (en línea). Invest Agr. 7(1). Consultado 12 abr 2017. Disponible en <http://compostamasvi.com/ebooks/plantaideal.pdf>
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación (en línea). Distrito Federal, MX. Consultado 5 set 2016. Disponible en <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>
- Corbera Goritza, J; Nápoles García, MC. 2011. Evaluación de la inoculación conjunta Bradyrhizobium elkanii-Hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya, cultivada en época de primavera (en línea). Cultivos Tropicales 21(1). Consultado 9 ene 2017. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362011000400002
- Corbera, J; Nápoles, MC. 2000. Evaluación agronómica de la coinoculación de Bradyrhizobium Japonicum y hongos micorrizógenos arbusculares en el cultivo de la soya en el suelo Ferralítico rojo compacto (en línea). Cultivos Tropicales 21(1). Consultado 9 ene 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193232232003.pdf>
- Cornejo Rivas, PE. 2006. Influencia de la cobertura vegetal sobre la diversidad y estructura de las comunidades de hongos micorrízicos y sus efectos en la estabilización de suelos degradados (en línea). Granada, Editorial de la Universidad de Granada. Consultado 10 dic 2016. Disponible en [file:///C:/Users/HP%20COMPAQ/Downloads/Influencia de la cobertura vegetal sobre la divers%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/HP%20COMPAQ/Downloads/Influencia%20de%20la%20cobertura%20vegetal%20sobre%20la%20diversidad%20de%20hongos%20micorrizicos%20y%20sus%20efectos%20en%20la%20estabilizacion%20de%20suelos%20degradados.pdf)
- Covacevich, F; Echeverría, HE, Aguirrezabal, L. 2001. Comparación de dos técnicas de cuantificación de infección micorrítica (en línea). Ciencia del suelo 19(2). Consultado 12 dic 2016. Disponible en http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_19n2/covacevich_155-158.pdf
- Debouk, DG; Hidalgo HR. 1984. Guía de estudio: Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) (en línea). 2 ed. Cali, CO, CIAT. Consultado 15 ene 2017. Disponible en <https://books.google.com.ni/books?id=AtOLF2NhJogC&printsec=frontcover&dq=morfolog%C3%ADa+del+frijol&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjhr7n-a7TAhWI2yYKHYunDpYQ6AEIJjAA#v=onepage&q=morfolog%C3%ADa%20del%20frijol&f=false>

- Escobar Acevedo, CJ; Zuluaga Pelaez, JJ; Colorado Gasca, G; Paez, D. 1998. Micorriza Vesicula Arbuscular (MVA): Recurso microbiológico para desarrollar una agricultura sostenible. Bogotá, CO. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Estrada Gutiérrez, ME; Peralta Castillo, JR. 2004. Evaluación de dos tipos de fertilizante orgánico (gallinaza y estiércol vacuno) y un mineral en el crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad DOR-364, postrera (en línea) Tesis Ing. Managua, NI, UNA. Consultado 20 ene 2017. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/1923/1/tnf04e82.pdf>
- FDC (Fundación del desarrollo y Ciudadanía). 2013. Plan ambiental municipal 2013-2023 municipio Ticuantepe (en línea). Managua, NI. Consultado 30 oct 2016. Disponible en http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/AMUSCLAM%20ALMA/0016/16%20PAM%20Ticuantepe_Final.pdf
- Gliessman, SR. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Eds. E Rodríguez; T Benjamín; L Rodríguez; A Cortes. Turrialba, CR, CATIE. 341p
- Hernández Salido, L; Batista Sao, JL. 2012. Efectos del rhizobium en el rendimiento del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la CCS Pupo del municipio de Manati (en línea). Manati, CO. Consultado 20 dic 2016. Disponible en <http://xn--caribea-9za.eumed.net/cultivo-frijol/>
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2009. Guía tecnológica: cultivo del frijol (en línea) Managua, NI. INTA. Consultado 11 set 2016. Disponible en <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/GUIA%20FRIJOL.pdf>
- Liriano González, R; Núñez Sosa, DB; Barceló Díaz, R. 2012. Efecto de la aplicación de rhizobium y micorriza en el crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad CC-25-9 negro (en línea). Centro Agrícola 39(4). Consultado 10 mayo 2017. Disponible en http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V39-Numero_4/cag044121877.pdf
- Muñoz, G; Giraldo, G; Fernández de Soto, J. 1993. Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo (en línea). Cali, CO, CIAT. 30 ago 2016. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/descriptores_varietales.pdf
- Noda, Y. 2009. Las micorrizas: una alternativa de fertilización ecológica en los pastos (en línea). Pastos y Forrajes 32(2). Consultado 23 ene 2017. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000200001
- Paillacho Cedeño, F.I. 2010. Evaluación de la efectividad de micorrizas arbusculares nativos sobre el desarrollo y estado nutritivo del Palmito (*Bactris gasipaes* HBK) en etapa de vivero (en línea). Tesis Ing. Santo Domingo de los Tsáchilas. Escuela Politécnica del ejército. Consultado 15 abr 2017. Disponible en <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2892/1/T-ESPE-IASA%20II-002332.pdf>
- Paz Mena, T; Flores, S; Delmelle, G. 2007. Informe de cadena de frijol rojo en Nicaragua (en línea). NITLAPAN. Consultado el 11 feb 2017. Disponible en <http://www.mific.gob.ni/Portals/0/Portal%20Empresarial/InformeFinalCadenaDeFrijolNicaragua.pdf>

- Pérez, CA; Rojas, SJ; Montes VD. 2011. Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el Caribe Colombiano (en línea). Ciencia Colombiana 3(2). Consultado 10 feb 2017. Disponible en [file:///C:/Users/HP%20COMPAQ/Downloads/DialnetHongosFormadoresDeMicorrizasArbusculares-3817504%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/HP%20COMPAQ/Downloads/DialnetHongosFormadoresDeMicorrizasArbusculares-3817504%20(5).pdf)
- Rodríguez Jarquin, PL; Martínez Téllez, PS. 2013. Caracterización, evaluación preliminar y adaptabilidad de cuatro variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluadas en cinco localidades de Ciudad Darío, Matagalpa, postrera 2012 (en línea). Tesis Ing. Managua, NI. UNA. Consultado 25 ene 2017. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/2200/1/tnf30r696p.pdf>
- Rosas, JC; Nolt, JK; Henson, RA; Bliss, FA. 1986. Estrategias de mejoramiento para incrementar la capacidad de fijación biológica de nitrógeno del frijol común en América Latina (en línea). Ceiba 28. Consultado 24 feb 2017. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3899/1/03.pdf>
- Satizabal E, JH; Rehman Saif, SU. 1987. Interacción micorriza vesículo-arbuscular, rhizobium-leguminosa en un oxisol de los llanos orientales de Colombia (en línea). Palmira, CO. Actas Agron 37(1). Consultado 10 abr 2017. Disponible en [http://ciat-library.ciar.org/Articulos_Ciat/2013/30985 Interaccion micorriza vesiculo arbuscular_rhizobium%20l.pdf](http://ciat-library.ciar.org/Articulos_Ciat/2013/30985_Interaccion_micorriza_vesiculo_arbuscular_rhizobium%20l.pdf)
- Terry, AE; Leyva Galán, A. 2006. Evaluación Agrobiológica en la coinoculación: micorrizas rizobacterias en tomate (en línea). CR. Agronomía Costarricense, 30(1). Consultado 2 feb 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43630106>
- White, JW. 1988. Conceptos Básicos de la fisiología del frijol (en línea). Cali, CO. CIAT. Consultado 10 abr 2017. Disponible en https://books.google.com.ni/books?id=EEoOww3driYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

VIII. ANEXOS

Diseño de campo

