

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

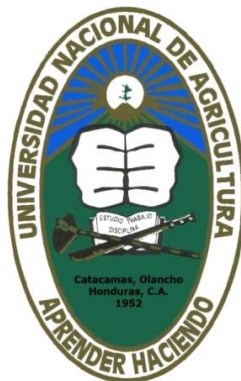
**USO DE RHIZOBIUM EN LAS VARIEDADES DE FRIJOL *Phaseolus vulgaris*, L, TIO
CANELA Y CARRIZALITO, EN EL VALLE DE COMAYAGUA.**

POR:

MARIO ROBERTO PINTO PADILLA

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2013

**USO DE RHIZOBIUM EN LAS VARIEDADES DE FRIJOL *Phaseolus vulgaris*, L, TIO
CANELA Y CARRIZALITO, EN EL VALLE DE COMAYAGUA.**

POR:

MARIO ROBERTO PINTO PADILLA

GUSTAVO RAMÓN LÓPEZ HERNÁNDEZ, M.Sc

Asesor principal

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2013

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigaciones con mucho respeto, amor y cariño, **A DIOS TODOPODEROSO**, por haberme dado fuerzas y sabiduría para poder culminar el presente trabajo y ahora lograr uno de los triunfos profesionales más grandes de mi vida.

A mis padres **Mario Roberto Pinto Flores y María Guadalupe Padilla Bertot**, por su amor y apoyo incondicional, por sus sabios consejos y sobre todo por ser ejemplo de amor, espiritualidad, bondad, lealtad y perseverancia y sobre todo por haberme regalado el más valioso tesoro de la vida el estudio.

A mis hermanas María Alejandra Pinto y Guadalupe María Pinto, por su apoyo incondicional que me brindaron durante estos cuatro años de mi carrera profesional y por ser excelentes hermanas.

A mi hijo **Mario Roberto Pinto Sorto y su madre Marianela Sorto Andino**, les agradezco grandemente por ser una familia muy especial y por su apoyo mostrado.

AGRADECIMIENTO

A DIOS TODOPODEROSO, por su amor, misericordia y sabiduría para poder culminar mi carrera.

A mi *Alma Mater* la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**, donde el conocimiento brindado y adquirido, el Orgullo, el Respeto y la Fraternidad que he obtenido, irán siempre conmigo.

Hago extensivos mis agradecimientos al **Ing. Agr. M.Sc. Gustavo Ramón López** e **Ing. Agr. M.Sc. José Trinidad Reyes**. Miembros del tribunal de sustentación de tesis de Grado. Gracias por la paciencia y comprensión brindada y sobre todo por transmitirnos los mejores conocimientos que son el pilar fundamental de la agronomía.

Al personal del Centro de entrenamiento de desarrollo agrícola (CEDA), principalmente al personal del proyecto por toda su disposición y apoyo para poder realizar mi trabajo de tesis.

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	1
2.1. General	1
2.2. Específicos	1
III. REVISION DE LITERATURA	3
3.1. Importancia del cultivo de frijol	3
3.2. Problemática del cultivo de frijol	3
3.3. Microorganismos del suelo	4
3.4. Generalidades del <i>Rhizobium</i>	5
3.5. Importancia de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) en leguminosas.....	6
3.6. Simbiosis <i>rhizobium</i> -leguminosa	6
3.7. Inoculación	7
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
4.1. Localización del experimento	9
4.2. Materiales y equipo	9
4.3. Manejo del experimento	9
4.3.1. Preparación del terreno	9
4.3.2 Siembra.....	9
4.3.3 Riego.....	10
4.3.4 Manejo de malezas	10
4.3.5 Manejo de plagas	10
4.3.6 Manejo de enfermedades	10
4.3.7 Cosecha.....	11

4.4 Factor bajo estudio	11
4.5 Diseño de experimento y tratamientos.....	11
4.6 Tratamientos usados en el experimento.	13
4.7 Variables evaluadas.....	13
4.7.1 Número de nódulos totales	13
4.7.2 Número de nódulos activos	13
4.7.3 Días a floración.....	14
4.7.4 Altura de planta	14
4.7.5 Número de vainas por planta.....	14
4.7.6 Número de granos por vaina.....	14
4.7.7 Total de plantas cosechadas por metro cuadrado	14
4.7.8 Rendimiento.....	15
4.7.9 Análisis económico	15
4.8 Análisis estadístico	15
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
5.1 Número de nódulos totales.....	16
5.2 Número de nódulos activos.....	17
5.3 Días a floración	19
5.4 Altura de planta	20
5.5 Número de vainas por planta	21
5.6 Numero de granos por vaina	23
5.7 Total de plantas cosechadas por metro cuadrado	24
5.8 Rendimiento	25
5.9 Análisis Económico	26
VI CONCLUSIONES.....	28
VII RECOMENDACIONES	29
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	30
ANEXOS	36

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Resultados del número de nódulos totales por efecto de la variedad y la fertilización.	17
Cuadro 2. Promedio del número nódulos activos por efecto de la variedad y la fertilización.	18
Cuadro 3. Promedios de días a floración para los tratamientos evaluados por el efecto de la variedad y la fertilización.....	20
Cuadro 4. Resultados de altura de planta por efecto de la variedad y la fertilización.....	21
Cuadro 5. Promedio número de vainas por planta para los tratamientos evaluados.	22
Cuadro 6. Promedio de la variable número de granos por vaina.....	23
Cuadro 7. Promedio total plantas cosechadas por metro cuadrado para los tratamientos evaluados.....	24
Cuadro 8. Resultados de rendimiento y plantas por el efecto de la variedad, la fertilización y su interacción.	26
Cuadro 9. Relación beneficio costo para los diferentes tratamientos.....	27

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis de varianza para la variable número de nódulos totales.	36
Anexo 2. Análisis de varianza para la variable número nódulos totales transformación de datos con LOG10.	37
Anexo 3. Análisis de varianza para la variable número de nódulos activos.	38
Anexo 4. Análisis de varianza para la variable nódulos activos transformación de datos con RAIZ cuadrada.	39
Anexo 5. Análisis de varianza para la variable días a floración.....	40
Anexo 6. Análisis de varianza para la variable altura de planta.	41
Anexo 7. Análisis de varianza para la variable vainas por planta.	42
Anexo 8. Análisis de varianza para la variable número de granos por vaina.	43
Anexo 9. Análisis de varianza para la variable total de plantas cosechadas por metro cuadrado.	44
Anexo 10. Análisis de varianza para la variable rendimiento.	45
Anexo 11. Croquis de parcelas en el campo.....	46

Pinto Padilla M. 2013. Uso de *rhizobium* en las variedades de frijol *phaseolus vulgaris*, L, Tío canela y Carrizalito, en el Valle de Comayagua. Tesis Ing. Agr. Catacamas, Olancho Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. 55 p.

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el Centro de entrenamiento de desarrollo agrícola (CEDA) con sede en el departamento de Comayagua con el propósito de evaluar el efecto de la fertilización con 18-46-0 y 12-24-12 y la aplicación de *rhizobium* (CIAT 899) sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de frijol. El diseño experimental usado fue el de bloque completo al azar con arreglo de parcela dividida, con cuatro repeticiones. En la parcela grande se ubicaron las variedades Tío canela y Carrizalito y en la sub parcelas la aplicación del equivalente a 48.8 kg/ha N + 113.6 kg/ha de P₂O₅ + 9.74 kg/ha de K₂O; el uso de la cepa de *rhizobium* CIAT 899 y un testigo relativo (24.4 kg N + 56.81kg P₂O₅ + 9.74) kg K₂O). Se evaluaron las siguientes variables: número de nódulos totales, número de nódulos activos, días a floración, altura de planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, total de plantas cosechadas y rendimiento. Se realizó un análisis de varianza, y la prueba de medias de Duncan al 5% de significancia. Los resultados indicaron que la fertilización equivalente a 48.8 kg/ha N + 113.6 kg/ha de P₂O₅ + 9.74 kg/ha de K₂O presentaron el mayor rendimiento con 1531 kg/ha seguido de la fertilización con *rhizobium* con 1191 kg/ha y el testigo relativo con 1060 kg/ha. De igual manera se encontró que el mayor número de nódulos activos lo presentó el uso de *rhizobium* con 43.9. El promedio de vainas por plantas fue de 32.93 para la fertilización con 48.8 kg/ha N + 113.6 kg/ha de P₂O₅ + 9.74 kg/ha de K₂O y la fertilización con *rhizobium* fue de 20.10 vainas por planta. El número de granos por vaina varió entre 5.17 y 5.04. El análisis económico reveló que la fertilización con *rhizobium* con la variedad Tío canela fue la opción más favorable resultando una ganancia 1.6 lempiras por cada lempira invertido.

Palabras clave: Frijol, Fertilización química, *Rhizobium*.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) es una actividad de relevancia socioeconómica en Centro América. Desde el punto de vista nutricional, representa la principal fuente proteica en la dieta de familias rurales y urbanas de bajos ingresos y con poca disponibilidad para consumir suficientes proteínas de origen animal (Rosas *et al.* 2000).

En Honduras, ocupa el segundo lugar en importancia después del maíz por los niveles de consumo y por la superficie sembrada (SAG 2010). El 70% de la producción la realizan pequeños agricultores en extensiones menores a dos ha (Rosas *et al.* 2000).

Por lo general, estos sistemas agrícolas presentan algunas características comunes. Se encuentran en zonas de laderas y colinas, en suelos con bajo contenido de nutrientes, especialmente de nitrógeno (N) y fósforo (P), propensas a sequías y al ataque de un creciente número de plagas y enfermedades. Estas condiciones agroecológicas adversas limitan el normal crecimiento del cultivo, aunado al poco uso de insumos y la poca disponibilidad de semillas mejoradas, lo que provoca mermas importantes en los rendimientos (IICA 2007).

El frijol tiene la capacidad de actuar en procesos simbióticos con las bacterias fijadoras de nitrógeno *Rhizobium*, pudiendo ser una alternativa, estas bacterias que tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico y hacerlo disponible para la planta, supliendo hasta en un 60% los requerimientos del cultivo convirtiéndose en una herramienta para reducir los costos al pequeño productor, frente al alto costo de los fertilizantes (Peña *et al.* 1993).

II. OBJETIVOS

2.1. General

Evaluar el efecto de la inoculación de *Rhizobium* en el rendimiento de las variedades de frijol (*Phaseolus Vulgaris, L*) Tío canela y Carrizalito.

2.2. Específicos

Evaluar el efecto de la inoculación producida por la cepa de *Rhizobium* sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las dos variedades de frijol.

Determinar a través del análisis económico el tratamiento la opción económica más favorable.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1. Importancia del cultivo de frijol

El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) es una actividad de relevancia socioeconómica en Centro América. Desde el punto de vista nutricional, representa la principal fuente proteica en la dieta de familias rurales y urbanas de bajos ingresos y con poca disponibilidad para consumir suficientes proteínas de origen animal (Rosas *et al.* 2000).

Este grano contiene 22% de proteínas de alta digestibilidad, es un alimento de alto valor energético, contiene alrededor de 70% de carbohidratos totales y además aporta cantidades importante de minerales (Ca, Mg, Fe), Vitaminas A, Tiamina entre otras, es importante porque al ser una leguminosa tiene la cualidad de realizar la actividad simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico (*Rhizobium phaseoli*) lo cual contribuye a mejorar la fertilidad del suelo (Valladares, 2010).

En Honduras, ocupa el segundo lugar en importancia después del maíz por los niveles de consumo y por la superficie sembrada (SAG 2010). El 70% de la producción la realizan pequeños agricultores en extensiones menores a dos hectáreas (Rosas *et al.* 2000).

3.2. Problemática del cultivo de frijol

Por lo general, estos sistemas agrícolas presentan algunas características comunes. Se encuentran en zonas de laderas y colinas, en suelos con bajo contenido de nutrientes, especialmente de nitrógeno (N) y fósforo (P), propensas a sequías y al ataque de un creciente número de plagas y enfermedades. Estas condiciones agroecológicas adversas

limitan el normal crecimiento del cultivo, aunado al poco uso de insumos y la poca disponibilidad de semillas mejoradas, lo que provoca mermas importantes en los rendimientos (IICA 2007).

Gran parte de la problemática del frijol en Honduras se debe a que los productores generalmente utilizan semilla seleccionada de la cosecha anterior, por ser de mayor disponibilidad y menor costo, pero cuando se presentan enfermedades que afectan el normal crecimiento y desarrollo de las plantas de frijol, la semilla es infestada por los agentes causantes del daño, (SAG 2004).

El uso de variedades criollas en algunas ocasiones disminuye considerablemente la producción, por su susceptibilidad a plagas y enfermedades que ocasionan daños durante todo el ciclo del cultivo, lo anterior sumado a las prácticas inapropiadas realizadas por el productor, también los métodos de fertilización influyen de manera significativa en el rendimiento, por lo que es conveniente identificar esas prácticas mediante un modelo de investigación y el uso de nuevas alternativas de producción ya sea mediante el uso de variedades mejoradas de frijol y tecnologías de fertilización (Reyes 2005).

Los costos de producción del Frijol son altos, principalmente en el rubro de preparación de suelo, y cosecha, la cual en la mayoría de los casos se realiza manualmente. Esta situación sumada al bajo rendimiento y a los bajos precios del grano, ocasiona que la producción de frijol sea una actividad muy baja. Una alternativa para incrementar la productividad del cultivo en condiciones de riego, y secano es mediante el uso de altas densidades de siembra y variedades con alto potencial de rendimiento y calidad de grano, superiores a las utilizadas actualmente (FAO 2010).

3.3. Microorganismos del suelo

La importancia de los microorganismos en ambientes naturales deriva de su cantidad, diversidad y, sobre todo, de su gran espectro de actividades que, en la mayoría de los casos,

repercuten en los seres superiores con los cuales comparte un determinado hábitat. Concretamente en el suelo, los microorganismos desarrollan una amplia gama de acciones que inciden en el desarrollo y nutrición vegetal. Sin embargo, el nivel de actividad de las poblaciones microbianas de diversos suelos es muy bajo, salvo en el micro hábitat donde haya una suficiente cantidad de fuente de carbono metabolizable. Cuando se introducen plantas en el sistema, la situación de los microbios cambia drásticamente, ya que las plantas son las principales suministradoras de sustratos energéticos al suelo, de los que los microorganismos se aprovechan cuando se encuentran en la zona próxima a la raíz y proliferan en ella (Barea y Olivares, 1998).

Según Parra y Cuevas (2002), la biotecnología ha abierto nuevas posibilidades en lo concerniente a la aplicación de microorganismos benéficos para la promoción del crecimiento de las plantas y el control biológico de patógenos. Ciertos microorganismos pueden incrementar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, otros producen compuestos, tales como vitaminas, hormonas y antibióticos que contribuyen a la salud vegetal y a la obtención de altos rendimientos agrícolas.

3.4. Generalidades del *Rhizobium*

Las leguminosas son la familia más grande de plantas, con más de 18,000 especies, muchas de ellas de gran importancia agronómica como el frijol, el chícharo, el cacahuate, la soya y la alfalfa. En las raíces de estas plantas se desarrollan nódulos, en cuyo interior hay bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium*. El nitrógeno es un constituyente de las proteínas y por lo tanto un elemento esencial para todos los organismos. Sin embargo, solamente es accesible a través de las plantas, quienes lo toman del suelo en forma de diversos compuestos nitrogenados, como el amonio (Gonzales s.f.).

Rhizobium es una bacteria Gram negativa que posee la enzima nitrogenasa que cataliza el proceso donde se reduce y combina el N_2 formando NH_4 . Para este proceso se requiere

grandes cantidades de ATP (Ureta y Nordlund 2002), y la bacteria emplea compuestos carbonatados oxidables para su metabolismo, los cuales son proporcionados por la planta

3.5. Importancia de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) en leguminosas

El proceso de FBN es utilizado en la naturaleza por diferentes géneros bacterianos. Las plantas se benefician de este proceso cuando las bacterias mueren y liberan el nitrógeno al suelo o cuando las bacterias viven en estrecha asociación con las plantas (Willems, 2003). Esta asociación simbiótica se presenta en leguminosas con microorganismos denominados rizobios, que viven en los nódulos de las plantas fijando el nitrógeno en forma de amonio, el cual es absorbido por las plantas (Herridge *et al.*, 2008).

Si bien existe una amplia gama de organismos y asociaciones vegetales que son capaces de fijar nitrógeno de la atmósfera, la relación simbiótica entre rizobios y leguminosas es responsable de contribuir con la mayor cantidad de nitrógeno fijado en especies agrícolas (Peoples *et al.*, 1995; Chianu *et al.*, 2011). Aproximadamente el 80% del nitrógeno fijado biológicamente en la agricultura proviene de la simbiosis entre las leguminosas y las especies de *Rhizobium*, (Vance, 1998).

Esto indica que la fijación biológica del nitrógeno de tipo simbiótico representa una alternativa económica y ecológicamente viable, que contribuye a mitigar esta problemática de forma sustentable (Sylvia *et al.*, 2005).

3.6. Simbiosis *rhizobium*-leguminosa

La asociación se inicia con el proceso de infección, cuando las bacterias son estimuladas por los exudados radicales y proliferan lo que induce un alargamiento y curvado de los pelos radicales y posterior formación de una estructura tubular llamada cordón de infección (Long, 1989). Este se desarrolla en el interior del punto de adhesión a la bacteria y

forma un canal en interior del pelo. El *rhizobium* es conducido a través del cordón hasta la base del pelo (Burity *et al.*, 1989).

El rizobio entra a la planta a través de los pelos radicales, formando una estructura llamada hilo de infección (Masson-Boivin *et al.*, 2009), que penetra las células corticales de la raíz. Cuando se da la unión de los rizobios a los pelos radicales, se induce un cambio en la dirección de crecimiento apical, generándose una deformación y curvatura de los pelos radicales o “*curling*” donde quedan atrapadas las bacterias. Se forma un canal de infección por donde entran los rizobios al citoplasma de las células vegetales por un mecanismo similar a la endocitosis, dando lugar a la infección y formación del nódulo propiamente dicho (Carlson *et al.*, 1994).

La relación entre el nitrógeno absorbido desde el suelo y el proveniente de la simbiosis varía con la especie de leguminosa, las condiciones ambientales y las características genéticas del micro simbiote (Shabaev *et al.*, 1996). En primera instancia, mientras se genera el sistema nodular, la planta utiliza nitrógeno del suelo, pero, si hay amplia disponibilidad de nitrógeno en el ambiente de la raíz, el número de nódulos formados será menor (González, 2002).

3.7. Inoculación

La utilización de un *Rhizobium* infectivo (capacidad de nodular) y efectivo (eficiencia para la fijación del nitrógeno en la leguminosa), implica determinar la necesidad de inoculación. Para ello se corrobora la existencia del tipo de *Rhizobium* nativo en el suelo, su eficiencia para fijar el nitrógeno, la concentración de N del suelo y si la leguminosa elegida se siembra con frecuencia en la región para mantener su rendimiento. Lo ideal es seleccionar un *Rhizobium* altamente infectivo y efectivo para lograr una disminución máxima del fertilizante nitrogenado sin decremento en el rendimiento de la leguminosa (FAO 1995).

Ferrera *et al.*, (1990), mencionan que la variedad de frijol juega un papel importante en el mecanismo de reconocimiento de la planta la bacteria, mostrando mayor afinidad con ciertas cepas. También señalan diferencias en la capacidad de fijación entre variedades y la existencia de cierta preferencia de los cultivares de frijol por una fuente particular de nitrógeno. Ferrera y Almaraz (1996), mencionan que la selección de variedades de frijol y cepas de *Rhizobium* adaptadas a diversas condiciones es necesaria para incrementar la fijación de nitrógeno.

Existen varios tipos de inoculantes, pero el más común es un soporte a base de turba impregnada con un cultivo bacteriano. A pesar de que desde 1880 los inoculantes han sido comercializados, como un producto biológico requiere de un riguroso control de calidad de tipo microbiológico que garantice el éxito esperado con la leguminosa seleccionada. Ya que Un manejo inadecuado en su producción y manejo trae en consecuencia una baja efectividad al aplicarse en la leguminosa (Sánchez y Yáñez, 1997).

Debido a:

Deficiente preparación a nivel de laboratorio manejo, almacenamiento a nivel de comercialización y aplicación del inoculante por parte de los fabricantes, comerciantes y agricultores.

Incompatibilidad del tipo de *Rhizobium* comercial y la leguminosa seleccionada.

Condiciones adversas para la infección y la actividad bacteriana, como concentraciones elevadas de N, metales pesados y antagonismo microbiano nativo del suelo no se pretende aplicar.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización del experimento

El ensayo se realizó en el departamento de Comayagua, en la estación experimental del CEDA, localizada a 2 km de la carretera panamericana desvió el Taladro, se ubica entre los 14° 26' latitud Norte y los 87° 42' longitud Oeste, con una altitud de 615 msnm, la temperatura media es de 27.6 °C, con una humedad relativa 69.2 %, presentando precipitaciones 116.9 mm/año, y una evaporación 1,724.4 mm.

4.2. Materiales y equipo

Para la instalación y desarrollo del experimento se utilizó: semilla de frijol (Tío canela y Carrizalito), rhizobium, fertilizantes químicos, sistema riego por goteo, entre otros.

4.3. Manejo del experimento

4.3.1. Preparación del terreno

Se efectuó una preparación convencional del suelo mediante un pase de arado y dos pases de rastra, también se levantaron camas e instalo el sistema de riego por goteo.

4.3.2 Siembra

La siembra se realizó de forma manual usando chuzo y depositando dos semillas por postura a una profundidad de dos a tres cm.

4.3.3 Riego

Se utilizó un sistema de riego por goteo aplicando agua diariamente por 1 hora con 10 minutos cuando no se presentaban precipitaciones. En todas las etapas de crecimiento, la planta requiere una lámina de agua de 270 mm.

4.3.4 Manejo de malezas

Se realizaron controles químicos utilizando los herbicidas Flex 24 SL (Fomesafem 24%) con dosis de 25 cc/20 litros de agua y Fusilade 12.5 EC (fluazifop-P-Butyl) con dosis de 25 cc/20 litros de agua a los 21 días posterior a la siembra para el control de malezas. Seguidamente se realizaron controles manuales con azadón.

4.3.5 Manejo de plagas

Se eliminaron rastrojos y hospederos alternos de plagas. También se realizaron muestreos periódicos para evaluar en los umbrales económicos para las plagas como las tortuguillas (*Diabrotica sp.*) y loritos verdes (*Empoasca kraemeri*). Realizándose aplicaciones de Rienda 21,2 EC (Deltamethrin, Triazophos) con una dosis de 25cc/20 l. de agua; Monarca 11.25 SE (Thiacloprid+Beta Cyflutrina) con dosis de 30 cc/20 l. de agua para controlar el picudo de la vaina (*Apion godmani*).

4.3.6 Manejo de enfermedades

Se realizó en base a los muestreos constantes se tomaron en cuenta el grado de incidencia y severidad de las mismas y se realizaron aplicaciones para prevenir o controlar las enfermedades. Se utilizaron los fungicidas Amistar opti 66 SC (Azoxystrobin) para controlar “mal del talluelo” (*Rhizoctonia sp.*) con dosis de 25cc/20 l. de agua y Silvacur 30 EC (Tebuconazol+Triadimenol) con dosis de 30cc/20 litros de agua.

4.3.7 Cosecha

Se realizó de forma manual, cosechando las plantas del área útil de cada unidad experimental, cuando el 90% de las plantas presenten defoliaciones, vainas secas y con cambios de coloración en las hojas. Posteriormente se llevaron al lugar libre de factores adversos donde se realizó el secado y aporreado.

4.4 Factor bajo estudio

El principal factor bajo estudio es el efecto de *Rhizobium* y fertilización nitrogenada, sobre el rendimiento del cultivo de frijol (Tío canela y Carrizalito), aplicados al momento de la siembra.

4.5 Diseño de experimento y tratamientos.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcela dividida. La parcela grande lo constituyeron las variedades y en la sub parcela se ubicaron las fertilizaciones, para un total de 6 tratamientos, con 4 repeticiones.

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu_{...} + \rho_{..k} + \alpha_i + \xi_{(\alpha)} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \xi_{(\beta)}$$

$$I = 1, 2, \dots, a \quad j = 1, 2, \dots, b \quad k = 1, 2, \dots, r$$

Siendo:

Y_{ijk} = Valor en el k bloque en la parcela i y la sub parcela j .

$\mu_{...}$ = Valor constante de la media de la población.

α_i = efecto del i-ésimo nivel del factor “A”.

$\xi_{(\alpha)}$ = Error experimental de parcelas grandes.

β_j = Efecto de la j - ésimo nivel del factor “B”

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i- ésimo nivel del factor A por el j- esimo nivel del factor B.

$\xi_{(\beta)}$ = Error experimental de sub parcelas.

La unidad experimental estuvo constituida por cuatro surcos de 5.10 m. de largo, con una distancia entre surco de 0.50 m y entre plantas de 0.10 m a doble hilera separado entre hilera a 0.40 m equivalente con un ancho de cama: 0.80 m. y el área útil fue de 4.0 m², resultando una densidad de plantas de 166,666.66 plantas/ha.

La aplicación de fertilizantes se hizo enterrada usando chuzo al momento de la siembra. La fertilización con rhizobium se realizó aplicando aceite de cocina 10 cc por cada cinco lb. de semilla. Luego se aplicó 10 cc de azúcar en 10 cc de agua. Estos ingredientes se mezclaron y posteriormente se aplicó el rhizobium (CIAT 899) junto con la semilla.

4.6 Tratamientos usados en el experimento.

Factor A (Parcela Grande)	
Variedades	
V1	Tio canela
V2	Carrizalito
Factor B(Fertilizaciones, sub parcela)	
Fert. 1	48.8- 113.6 - 9.24 kg/ha de N-P ₂ O ₅ -K ₂ O
Fert. 2	<i>Rhizobium</i> 1kg/ha
Fert. 3	Testigo relativo 24.4-56-9.24 kg/ha de N-P ₂ O ₅ -K ₂ O
Interacciones Variedad* Fertilización	A*B
(a1*b1)	Tio canela + Químico
(a1*b2)	Tio canela + <i>Rhizobium</i>
(a1*b3)	Tio canela + Testigo relativo
(a2*b1)	Carrizalito + Químico
(a2*b2)	Carrizalito + <i>Rhizobium</i>
(a2*b3)	Carrizalito + Testigo relativo

4.7 Variables evaluadas

4.7.1 Número de nódulos totales

Se realizó al momento de la floración (R6) tomando una muestra al azar de ocho plantas de los surcos bordes de la unidad experimental, las cuales se extrajeron con su parte radical intacta utilizando dos palas. Luego se introdujo cada planta en agua para el desprendimiento de tierra, al quedar descubiertas las raíces se procedió al conteo del número de nódulos totales por cada planta muestreada. Se calculó un promedio por planta.

4.7.2 Número de nódulos activos

De los nódulos totales se contaron los nódulos activos que presentaron las siguientes características en cuanto a una coloración, blanco o verde inactivo, rojo activo son efectivos y fijando nitrógeno. Se calculó un promedio por planta.

4.7.3 Días a floración

Se determinó mediante la observación y conteo desde el primer día de la siembra hasta que el 50% de las plantas del área útil presentaron su primera flor completamente abierta (Vázquez 2005).

4.7.4 Altura de planta

Para la evaluación de esta variable se tomó una muestra al azar de cinco plantas en el área útil por cada tratamiento, midiendo en cm desde la base del suelo hasta el borde del ápice de la guía más larga de la planta; se hizo en la etapa de prefloración (R5).

4.7.5 Número de vainas por planta

Esta variable se evaluó después de la cosecha, contando el número de vainas por planta, se seleccionaron 10 plantas al azar del área útil.

4.7.6 Número de granos por vaina

Se tomaron 30 vainas al azar de todas las plantas recolectadas del área útil de cada unidad experimental. Se desgranaron y se contaron las semillas por vaina, al final se obtuvo un promedio por vaina.

4.7.7 Total de plantas cosechadas por metro cuadrado

Se determinaran contando el número total de plantas cosechadas de la parcela útil y se expresaran como plantas cosechadas/metro cuadrado.

4.7.8 Rendimiento

El rendimiento se obtuvo pesando los granos del área útil, ajustando a kg/ha; se utilizó la fórmula siguiente.

$$\text{Kg ha}^{-1} = \frac{\text{Peso de Campo (10,000 m}^2\text{)}}{\text{Área Útil}} \times \frac{100 - \% \text{ hc}}{100 - \% \text{ hd}}$$

Dónde:

% hc = Porcentaje de humedad de campo.

% hd = Porcentaje de humedad deseado (100-14%).

4.7.9 Análisis económico

El análisis económico se realizó por tratamiento, considerando los costos incurridos de los insumos y su aplicación y los beneficios por la venta considerando el rendimiento.

4.8 Análisis estadístico

Los datos se sometieron a un análisis de varianza para aquellas variables que tuvieron una distribución normal. Los datos que no presentaron una distribución normal se transformaron en raíz cuadrada utilizando el programa estadístico InfoStat.

Se utilizó las pruebas de medias de Duncan al 5% de probabilidad.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Número de nódulos totales

Se encontró diferencias altamente significativas para los diferentes tipos de fertilización; no así para variedades y la interacción variedad por fertilización (Anexo 1). En el cuadro 1 se observa que la aplicación de *rhizobium* y el testigo presentaron el mayor número de nódulos totales con valores de 69.5 y 63.5 respectivamente. Ya la aplicación de fertilizante químico como 18-46-0 y la formula 12-24-12 presentaron menor número de nódulos totales. La formación de nódulos es el resultado de una respuesta específica de las raíces de las plantas huésped a la invasión del *rhizobium*. Por otro lado la habilidad de formar nódulos (infectividad) para la fijación de nitrógeno (efectividad) es influenciada por el tipo de especie de rhizobium e incluso variedad de leguminosas, el nitrógeno disponible en el suelo y los mismos factores de crecimiento que afecta el desarrollo normal de la planta, especialmente la humedad, el oxígeno y nutrición (Binder 1997).

Cuadro 1. Resultados del número de nódulos totales por efecto de la variedad y la fertilización.

Variedad (Parcela Grande)		Medias	
Tio canela		62 A	
Carrizalito		49 A	
Fertilización(Sub parcela)		Dosis/ha	Medias
1- <i>Rhizobium</i>		1 kg/ha	69.5 A
2- Testigo (relativo)		24.4 kg/ha N + 56.81kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	63.5 A
3- 18-46-0 + 12-24-12		48.8 kg/ha N + 113.6 kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	32.5 B
Variedad por fertilización (Interacción)		Medias	
Tio canela+12-24-12		75.2 A	
Tio Canela+ <i>Rhizobium</i>		72 A B	
Carrizalito+ <i>Rhizobium</i>		68 A B	
Carrizalito+12-24-12		51.8 A B C	
Tio canela+18-46-0 + 12-24-12		38.5 B C	
Carrizalito+18-46-0 + 12-24-12		26.5 C	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de medias de Duncan al 5% de probabilidad.

5.2 Número de nódulos activos

Según el análisis de varianza (Anexo 2) para la variable número de nódulos activos se encontró diferencia altamente significativa solamente para los tipos de fertilización utilizados. La fertilización con *rhizobium* presento el mayor número de nódulos activos con 43.9, la fertilización con 18-46-0 y 12-24-12 fue la que presento el menor promedio con 8.86 nódulos activos (Cuadro 2). La eficiencia en la fijación biológica del nitrógeno se caracteriza por presentar nódulos grandes de color rosado y carnosos distribuidos cerca de la raíz principal, y en la raíz secundarias, contrario a los nódulos formados por la bacteria ineficiente en la asimilación del nitrógeno que forma abundantes nódulos lo cual estos son duros, estériles, y de color blanco y estos están distribuido por toda la raíz de la planta (Binder 1997).

Según otras investigaciones realizadas la diversidad genética de *Rhizobium* aislados de nódulos de frijol disminuye considerablemente en algunas variedades de frijol si se siembran estas en presencia de fertilizantes nitrogenados. El nitrógeno añadido como fertilizante químico inhibe la formación de los nódulos y la fijación de nitrógeno cuando se añade a plantas noduladas (Martínez y Caballero 1999). Es por ello la baja cantidad de nódulos eficientes (activos) en la fertilización con 18-46-0 y 12-24-12.

Cuadro 2. Promedio del número nódulos activos por efecto de la variedad y la fertilización.

Variedad (Parcela Grande)		Medias		
Tio canela		33.81 A		
Carrizalito		27.83 A		
Fertilización (Sub parcela)		Dosis/ha	Medias	
1- <i>Rhizobium</i>		1 kg/ha	43.9	A
2- Testigo (relativo)		24.4 kg/ha N + 56.81kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	39.7	A
3- 18-46-0 + 12-24-12		48.8 kg/ha N + 113.6 kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	8.86	B
Variedad por fertilización (Interacción)		Medias		
Tio Canela+ <i>Rhizobium</i>		48 A		
Tio canela+12-24-12		45.1 A		
Carrizalito+ <i>Rhizobium</i>		40 A		
Carrizalito+12-24-12		34.3 A		
Carrizalito+18-46-0 + 12-24-12		9.1 A		
Tio canela+18-46-0 + 12-24-12		7 A		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de medias de Duncan al 5% de probabilidad.

5.3 Días a floración

Hubo diferencia altamente significativa para los tipos de fertilización utilizadas y diferencia significativa para la interacción variedad por fertilización, no así para las variedades según en análisis de varianza (Anexo3). La fertilización con 18-46-0 y 12-24-12 mostro mayor precocidad con un promedio de 39 días a floración, mientras tanto la fertilización con *Rhizobium* y el Testigo relativo un promedio de 40 días a floración, siendo estadísticamente similares. En la interacción variedad por fertilización la variedad Tío canela con fertilización 18-46-0 + 12-24-12 mostro ser la más precoz con 38.6 días a flor (Cuadro 3). Con relación a los resultados observados podemos decir que la floración está influenciada por la genética de cada variedad. Estos resultados concuerdan y se acerca con los encontrados por (Núñez, 2003), encontró resultados de 40 días a flor para la variedad Carrizalito similares a los obtenidos. Lardizábal y Medlicott (2010), encontraron resultados 38 días a flor para la variedad Tío canela no siendo iguales a las medias obtenidas pero similares.

Cuadro 3. Promedios de días a floración para los tratamientos evaluados por el efecto de la variedad y la fertilización.

Variedad (Parcela Grande)	Medias		
Tio canela	39.4 A		
Carrizalito	40 A		
Fertilización (Sub parcela)	Dosis/ha	Medias	
1- 18-46-0 + 12-24-12	48.8 kg/ha N + 113.6 kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	39	A
2- <i>Rhizobium</i>	1 kg/ha	40	B
3- Testigo (relativo)	24.2 kg/ha N + 56.81 kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	40	B
Variedad por fertilización (Interacción)	Medias		
Tio canela+18-46-0 + 12-24-12	38.5 A		
Carrizalito+18-46-0 + 12-24-12	39.2 B		
Carrizalito+12-24-12	39.5 B C		
Carrizalito+ <i>Rhizobium</i>	39.7 B C		
Tio Canela+ <i>Rhizobium</i>	39.7 B C		
Tio canela+12-24-12	40 C		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de medias de Duncan al 5% de probabilidad.

5.4 Altura de planta

Para la variable altura de planta se encontró diferencia altamente significativa para los tipos de fertilización utilizados, no así para las variedades y la interacción fertilizante por variedad (Anexo 4). La mejor altura la obtuvo la fertilización con 18-46-0 y 12-24-12 con un promedio de 42.5 cm de altura, para la fertilización con *rhizobium* presento una media de 40 cm de altura, mientras que la fertilización con dosis baja de fertilizante (testigo relativo) mostro el menor promedio con 37 cm de altura. (Cuadro 4). Estos datos concuerdan con los encontrados por Batista (2011), encontró una altura de 39.5 cm utilizando fertilización a base de cepas *rhizobium* en el cultivo de frijol. La altura o crecimiento de las plantas Según White (1990), es el resultado de los procesos de la

fotosíntesis, respiración del medio ambiente que influye en la morfología y la fisiología de las plantas. Cuando estos procesos son aprovechados y bien manejados permite al cultivo expresar un grado máximo de su potencial genético, aunque no todos los cultivares responden igual bajo las mismas condiciones.

Cuadro 4.Resultados de altura de planta por efecto de la variedad y la fertilización.

Variedad (Parcela Grande)	Medias		
Tio canela	39.3 A		
Carrizalito	40.1 A		
Fertilización (Sub parcela)	Dosis/ha	Medias	
1- 18-46-0 + 12-24-12	48.8 kg/ha N + 113.6 kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	42.5	A
2- <i>Rhizobium</i>	1 kg/ha	40	A
3- Testigo (relativo)	24.8 kg/ha N + 56.81 kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	37	B
Variedad por fertilización (Interacción)	Medias		
Carrizalito+18-46-0 + 12-24-12	43.7 A		
Tio canela+18-46-0 + 12-24-12	41.4 A		
Tio Canela+ <i>Rhizobium</i>	40 A B		
Carrizalito+ <i>Rhizobium</i>	39.7 A B		
Carrizalito+12-24-12	36.9 B		
Tio canela+12-24-12	36.5 B		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de medias de Duncan al 5% de probabilidad.

5.5 Número de vainas por planta

Para el número de vainas por planta se encontró diferencia altamente significativa solo para los tipos de fertilización utilizados (Anexo 5). El mejor promedio lo mostro la

fertilización con 18-46-0 y 12-24-12 con 32.93 vainas por planta, seguido por la fertilización con rhizobium que presento una media de 20.1 vainas por planta, siendo el testigo relativo el que presento el menor promedio con 19.7 vainas por planta (Cuadro 5). La fertilización con 18-46-0 y 12-24-12 supero notoriamente a la fertilización con rhizobium y testigo relativo, esto debido a que las plantas con fertilización química tuvieron mayor disponibilidad de nutrientes en todo su ciclo. El promedio obtenido de número de vainas por planta para la fertilización con *Rhizobium* es similar e incluso supera a la encontrada por Santos (2012), quien encontró un promedio de 15.27 vainas por planta quien utilizo fertilización con *Rhizobium* en cultivo de frijol. Un mayor número de vainas por planta puede provocar una reducción en el número de semilla por vaina y por lo tanto bajara el rendimiento (White, 1985).

Cuadro 5. Promedio número de vainas por planta para los tratamientos evaluados.

Variedad (Parcela Grande)	Medias		
Tio canela	25.1 A		
Carrizalito	23.4 A		
Fertilización (Sub parcela)	Dosis/ha	Medias	
1- 18-46-0 + 12-24-12	48.8 kg/ha N + 113.6 kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	32	A
2- <i>Rhizobium</i>	1 kg/ha	20.1	B
3- Testigo (relativo)	24.4 kg/ha N + 56.81 kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	20	B
Variedad por fertilización (Interacción)	Medias		
Tio canela+18-46-0 + 12-24-12	34.1 A		
Carrizalito+18-46-0 + 12-24-12	32 A		
Tio Canela+ <i>Rhizobium</i>	22.3	B	
Carrizalito+12-24-12	20.4	B	
Tio canela+12-24-12	19	B	
Carrizalito+ <i>Rhizobium</i>	18	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de medias de Duncan al 5% de probabilidad.

5.6 Numero de granos por vaina

No se encontró efectos significativos para las variedades, tipos de fertilización ni su interacción para esta variable (Anexo 6). Las medias o promedios de dichos valores se encuentran en el cuadro 6. De acuerdo al resultado obtenido se puede decir que el número de granos por vaina está influenciado por la cantidad de nutrientes que aportan los fertilizantes químicos y la simbiosis que se dio entre la planta y el *Rhizobium*. Los resultados obtenidos no son iguales pero similares a los encontrados por Lara (2002), quien encontró promedios de 4.9 granos por vaina al evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades de frijol con tres niveles de fertilización nitrogenada. También Cáceres (2008), encontró valores similares de 5.64 y 5.92 al evaluar productos naturales en la nutrición del frijol.

Cuadro 6. Promedio de la variable número de granos por vaina.

Variedad (Parcela Grande)	Medias		
Tio canela	5.1	A	
Carrizalito	5	A	
Fertilización (Sub parcela)	Dosis/ha	Medias	
1- 18-46-0 + 12-24-12	48.8 kg/ha N + 113.6 kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	5.3	A
2- <i>Rhizobium</i>	1 kg/ha	5	A
3- Testigo (relativo)	24.4 kg/ha N + 56.81 kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	5	A
Variedad por fertilización (Interacción)	Medias		
Carrizalito+18-46-0 + 12-24-12	5.2	A	
Tio canela+18-46-0 + 12-24-12	5.1	A	
Tio Canela+ <i>Rhizobium</i>	5.1	A	
Tio canela+12-24-12	5.1	A	
Carrizalito+ <i>Rhizobium</i>	5	A	
Carrizalito+12-24-12	5	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de medias de Duncan al 5% de probabilidad.

5.7 Total de plantas cosechadas por metro cuadrado

No se encontró efectos significativos para las variedades, tipos de fertilización ni su interacción para esta variable (Anexo 7). Las medias de dichos valores se encuentran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Promedio total plantas cosechadas por metro cuadrado para los tratamientos evaluados.

Variedad (Parcela Grande)	Medias		
Tio canela	12 A		
Carrizalito	12.3 A		
Fertilización (Sub parcela)	Dosis/ha	Medias	
1- 18-46-0 + 12-24-12	48.8 kg/ha N + 113.6 kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	12.4	A
2- Testigo (relativo)	24.4 kg/ha N + 56.81 kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	12.3	A
3- <i>Rhizobium</i>	1 kg/ha	11.6	A
Variedad por fertilización (Interacción)	Medias		
Tio canela+18-46-0 + 12-24-12	12.7 A		
Carrizalito+12-24-12	12.5 A		
Carrizalito+ <i>Rhizobium</i>	12.2 A		
Carrizalito+18-46-0 + 12-24-12	12.1 A		
Tio canela+12-24-12	12 A		
Tio Canela+ <i>Rhizobium</i>	11 A		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de medias de Duncan al 5% de probabilidad.

5.8 Rendimiento

Según el análisis de varianza (Anexo 8) para esta variable hubo efectos altamente significativa para los tipos de fertilización únicamente. La fertilización con 18-46-0 + 12-24-12 presento una mayor productividad con un promedio 1531 kg/ha, seguido del tratamiento con rhizobium con 1191 kg/ha, y el testigo relativo se comportó de manera similar con el tratamiento con rhizobium con 1060 kg/ha (Cuadro 8). La fertilización con 18-46-0 y 12-24-12, presento el mejor rendimientos, esto se debe a que este mostro una mayor eficiencia, disponibilidad y asimilación de nutrientes para las plantas. También este tratamiento resulto con la mayor altura y de igual forma el mayor número de vainas por planta. Este aspecto favoreció para que se obtuviera un mayor rendimiento. La fertilización con *Rhizobium*, supero a la fertilización utilizando una dosis baja de fertilizante (testigo relativo) y presento rendimientos aceptables. Esto indica que la cepa de *Rhizobium* fue altamente infectiva y efectiva siendo una opción viable para reducir la aplicación de fertilizantes químicos al suelo. Incrementando el contenido de N en el cultivo y manteniendo el rendimiento en las leguminosas, y lo que en consecuencia baja su costo de producción.

El rendimiento es el resultado de varios factores biológicos, ambientales y de manejo agronómico que se ha dado al cultivo, que se relacione entre sí, para luego expresarse en rendimiento por hectárea (Campton, 1985). Es dependiente de la variedad, de la ecología y determinara la eficiencia con que las plantas hacen uso de los recursos existentes en el medio (Tapia y Camacho, 1989).

Cuadro 8. Resultados de rendimiento y plantas por el efecto de la variedad, la fertilización y su interacción.

Variedad (Parcela Grande)	Total plantas cos./metro cuadrado	Medias	
Tío canela	12	1260.3 A	
Carrizalito	12.3	1261 A	
Fertilización (Sub parcela)	Medias	Dosis/ha	Medias
1- 18-46-0 + 12-24-12	12.4	48.8 kg/ha N + 113.6 kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	1531 A
2- Rhizobium	12.3	1 kg	1191 A
3- Testigo (relativo)	11.6	24.4 kg/ha N + 56.81 kg/ha P ₂ O ₅ + 9.74 kg/ha K ₂ O	1060.2 A
Variedad por fertilización (Interacción)	Medias	Medias	
Tío canela+18-46-0 + 12-24-12	12.7	1563.3 A	
Carrizalito+18-46-0 + 12-24-12	12.1	1499 A	
Tío Canela+Rhizobium	11	1243 A B	
Carrizalito+12-24-12	12.5	1146 B	
Carrizalito+Rhizobium	12.2	1139 B	
Tío canela+12-24-12	12	975 B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de medias de Duncan al 5% de probabilidad.

5.9 Análisis Económico

Para la relación beneficio costos la variedad Tío canela tanto con fertilización de 18-46-0 + 12-24-12 como con *rhizobium* obtuvieron resultados con la mejor relación beneficio costo cuyo valor fue 1.6 Lps. ganados por cada lempira invertido (Cuadro 9).

Cuadro 9. Relación beneficio costo para los diferentes tratamientos.

Variedades	Fertilización	Rendimiento Comercial	Precio	Ingresos	Egresos	Utilidad	R B/C
		Kg / Ha	Lps /kg	kg / Ha	(Lps / Ha	Lps /Ha	
Tío canela	(T1) = 18-46-0 + 12-24-12	1563.31	17.5	27357.925	10345.625	17012.3	1.6
Tío canela	(T2) = <i>Rhizobium</i>	1242.9	17.5	21750.75	8333.125	13417.625	1.6
Tío canela	(T3) = 12-24-12	974.7	17.5	17057.25	9006.875	8050.375	0.9
Carrizalito	(T1) = 18-46-0 + 12-24-12	1498.66	17.5	26226.55	10345.625	15880.925	1.5
Carrizalito	(T2) = <i>Rhizobium</i>	1136.65	17.5	19891.375	8333.125	11558.25	1.4
Carrizalito	(T3) = 12-24-12	1145.7	17.5	20049.75	9006.875	11042.875	1.2

VI CONCLUSIONES

El tratamiento con fertilizantes químico 48.8 kg/ha N + 113.6 kg/ha P₂O₅ + 9.74 kg/ha K₂O usando como fuente 18-46-0 y 12-24-12 fue el que presentó los mejores resultados en la mayoría de las variables evaluadas; altura de planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina y el rendimiento. Mostró el promedio más alto con 1531 kg/ha, superando el tratamiento que se inoculó con la bacteria de *Rhizobium* con 1191 kg/ha, y al tratamiento fertilizado con una dosis baja de fertilizante testigo relativo 24.4 kg/ha N + 56.81 kg/ha P₂O₅ + 9.74 kg/ha K₂O con 1060.20 kg/ha.

El tratamiento inoculado con *Rhizobium* ejerció influencia positiva para el número de nódulos totales, número de nódulos activos, superando al testigo relativo y al tratamiento fertilizado con 18-46-0 y 12-24-12.

El análisis económico reveló que la fertilización con *Rhizobium* con la variedad Tío canela fue la opción más favorable resultando una ganancia 1.6 lempiras por cada lempira invertido y con una inversión menor que la fertilización con 18-46-0 y 12-24-12.

El comportamiento agronómico de las variedades fue similar en la mayoría de los casos.

VII RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en este trabajo de investigación se recomienda usar *Rhizobium* ya que presento rendimientos aceptables en el cultivo de frijol. Representa además una alternativa que pueden emplear los productores en sus parcelas, en consecuencia disminuyendo los costos de producción y una buena relación beneficio costo.

En investigaciones futuras establecer ensayos con el fin de comparar el efecto *Rhizobium* en otras regiones.

Si se va utilizar rhizobium considerar la incidencia de enfermedades del suelo en el que se va establecer un ensayo y previamente controlarlas ya que la semilla a inocular no es tratada y ello puede tener un efecto negativo en la simbiosis.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Barea, J.; Olivares, J. 1998. Manejo de las propiedades biológicas del suelo. *En*: Jiménez Díaz, L.R. y R. Lamo de Espinosa (ed). Agricultura Sostenible. Editorial Mundi Prensa. Madrid, 173-193.

Batista, J. 2011. Efectos del rhizobium en el rendimiento del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Tesis Ing. Agr. Manati, Universidad de Cuba, 22p

Binder, U. 1997. Manual de Leguminosas de Nicaragua. Tomo I. PASOAC, E.A.G.E. Estela. Nicaragua. 35- 36, 41p.

Burity H., Faris, M. & Culman, B. 1989. Estimation of nitrogen fixation and transfer from alfalfa to associated grasses in mixed swards under field conditions. *Plant and Soil*. 114-249-255. (en línea) consultado el 17 de may. 2013. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos35/rhizobium-etli-frijol/rhizobium-etli-frijol.shtml>

Cáceres, M., DR. 2008. Productos naturales como suplemento nutricional foliar en el cultivo de fríjol. Tesis Ing. Agro. Honduras, Aldea Jamasquire, 60 p.

Campton, L. 1985. La investigación en sistemas de producción de sorgo en Honduras. Aspectos agronómicos. UNISORK, CIMMYT. México D F. 37 p.

Carlson, R., Price, N., Stacey, G. (1994). The biosynthesis of Rhizobial lipo-oligosaccharide nodulation signal molecules. *Mol Plant Microbe Interact*. Vol. 7 6: 684-

695. Tesis Magister en ciencias. Agrarias. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 78 p.

Chianu, J., Nkonya, E., Mairura, F., Chianu, J., Akinnifesi, F. (2011). Biological nitrogen fixation and socioeconomic factors for legume production in sub-Saharan Africa: a review. *Agron. Sustain. Dev.* 31:139–154. Tesis Magister en ciencias. Agrarias. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 78 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema Estandar para la Evaluacion de Germoplasma de frijol. Cali, Colombia. 15 p.

DICTA (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria). 2010. Situación de los granos básicos. Honduras. 20 p.

FAO. 1995. Manual técnico de la fijación del nitrógeno. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. p: 10-35. (en línea) consultado el 20 de may. 2013. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos35/rhizobium-etli-frijol/rhizobium-etli-frijol.shtml>
FAO. 2010. Proyecto Semillas de buena calidad Taller Validación Participativa como Apoyo a la Transferencia de Tecnologías.

Ferrera, R.; Almaraz, J. 1996. Factores que afectan la fijación simbiótica de nitrógeno en frijol común. In: Pérez, J y Ferrera, R. eds. Nuevos horizontes en agricultura agroecología y desarrollo sostenible. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo México.

Ferrera, R.; Almaraz, J.; Rodriguez, M.; Espinoza, D. 1990. Fijación simbiótica de nitrógeno en frijol. Terra, Vol. 8, Número especial. p. 35-70

Goodman, R; Brintrim, SB; Handelsman, J; Quirino, BF; Rosas, JC; Simon, HM; Smith, KP. 1997. Soil Microflora and Rhizosphere Microbiology. Madison, Wisconsin USA.

Department of Plant Pathology, University of Wisconsin. 219-231. Tesis ing. Agr. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 20 p.

Gonzales V. s.f. Importancia del uso de *Rhizobium* en la nutrición de especies leguminosas (En línea). Consultado el 8 junio 2013. Disponible en: <http://smcg.ccg.unam.mx/enp-unam/03-EstructuraDelGenoma/GenomicaEnMexico.pdf>

Peoples, M., Boddey, R.. (2008). Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant Soil* 311, 1-18. Tesis Magister en ciencias. Agrarias. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 78 p.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2007. Mapeo de las Cadenas Agroalimentarias de Maíz Blanco y Frijol en Centroamérica. Managua, Nicaragua. 132p.

Lara, V., MD. 2002. Comportamiento agronómico de tres variedades comerciales de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) con tres niveles de fertilización nitrogenada. Tesis. Ing. Agrónomo. ENA. Catacamas, Honduras. 49 p.

Lardizabal, R., y Medlicott, A. 2010. Compendio de manuales de producción y frutas y hortalizas. 460 p.

Long S. 1989. Rhizobium-legume nodulation: Life together in the underground. *Cell*. 56: 203-214. (en línea) consultado el 18 de may. 2013. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos35/rhizobium-etli-frijol/rhizobium-etli-frijol.shtml>

López, E. 2008. Diseño y análisis de experimentos, fundamentos y aplicaciones en agronomía. Universidad De San Carlos De Guatemala, Facultad de agronomía. 77p.

Masson, C., Giraud, E., Perret, X., Batut, J. (2009). Establishing nitrogen-fixing symbiosis with legumes: how many rhizobium recipes? *Trends Microbiol* 17:458–466.

Martinez, E., Caballero, J. 1996. *Rhizobium* phylogenies and bacterial genetic diversity. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 15:113-140.

Morales, A. 2010. Caracterización fenotípica de líneas endogámicas recombinantes de la variedad de frijol rojo Amadeus 77 en condiciones de baja fertilidad. Tesis Lic. Ing. Agronómico. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 21 p.

Núñez, R. 2003. Respuesta a cinco niveles de fertilización orgánica (lombricompos) y química de tres variedades de frijol dos mejoradas y una criolla en la micro cuenca del Río Olancho. Tesis ing. Agr. Catacamas, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. 57P.

Parra, A., Cuevas F. 2002. Potencialidades de *Azospirillum* como inoculante para la agricultura. *Cultivos tropicales* 23 (2): 31-34 p.

Peña, J., Grajeda, O., Kola, V., Hardarson, G. 1993. Evolución temporal y fijación de N₂ en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Suelo Planta* 152:115-121

Peoples, M., Herridge, F., Lahda, K. (1995). Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? *Plant Soil*. 174:3–28. Tesis Magister en ciencias. Agrarias. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 78 p.

Reyes, R. 2005. Validación del comportamiento agronómico y características culinarias de la línea de frijol común deorho (*Phaseolus vulgaris*). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho Honduras.

Rosas, J.; Bliss, F. 1985. Mejoramiento de la capacidad de fijación de nitrógeno en frijol común. 14(1) 95-104. Tesis ing. Agr. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 20 p.

Rosas, J., Castro, A. y Flores, E. 2000. Mejoramiento Genético del frijol rojo y negro Mesoamericano para Centroamérica y El Caribe. Agronomía Mesoamericana. 11(2): 37-46.

Sánchez, J. 1997. Producción de inoculantes para leguminosas y gramíneas. Coordinación de la Investigación Científica. Instituto de Investigaciones Químico- Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.(en línea) consultado el 20 de may. 2013. Disponible en

Santos, J. 2012. Uso de abonos orgánicos en la fertilización del cultivo de frijol (*phaseolus vulgaris*) inoculándolo con la bacteria de rhizobium en el barro concepción sur Santa Bárbara, Tesis ing. Agr.,UNA, Catacamas, Honduras. 69 p.

Shabaev, V., Smolin, V., Provorov, N., Simarov, B. (1996). The influence of various *Rhizobium meliloti* strains on lucerne mass and nitrogen accumulation on the mineral nitrogen background. *Biology Bulletin*, 23:291-296.

Sylvia, D., Hartel, P., Fuhrmann, J., Zuberer, D. (2005). Principles and applications of soil Microbiology. Segunda edición. Editorial Prentice Hall. New Jersey, EE.UU. 644 p.

Ureta, A., Nordlund, S.2002. Evidence for Conformational Protection of Nitrogenase against Oxygen in *Gluconacetobacter diazotrophicus* by a Putative FeSII Protein. Department of biochemistry and biophysics, University, Stockholm, Sweden. American Society for Microbiology. 184,(20). Tesis ing. Agr. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 20 p.

Valladares, C. 2010. Cultivo de grano. Importancia de los cultivos de grano. La Ceiba, Honduras. Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA)

Vance, C. (1998). Legume symbiotic nitrogen fixation: agronomic aspects: In: Spaink, H. P., et al. (Eds.). The Rhizobiaceae. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 509-530.

Vázquez, S. 2005. Evaluación del comportamiento agronómico de 9 variedades de frijol común de grano rojo (*phaseolus vulgaris*). Tesis Ing. Agr. Catacamas, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. 43 p.

Willems, A., Fernández-López, M., Muñoz, A., E., Goris, J., De Vos, P., Martínez, E., Toro, N., Gillis, M. (2003). Description of New Ensifer strains from nodules and proposal to transfer Ensifer adhaerens Cassida 1982 to *Sinorhizobium* as *Sinorhizobium adhaerens* comb. nov. Request for an Opinion. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 53, 1207–1217.

White, J. 1985. Concepto básico de la fisiología del frijol. EN ; frijol investigación y producción , CIAT. Editorial XYZ. Cali, Colombia.143-144p.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable número de nódulos totales.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	Pr>F	
Bloque	1369,28	3	456,43	1.19	0,4060	
variedad (A)	1029,66	1	1029,66	2.69	0,1497	NS
Error (a)	1147,01	3	382,34			
Fertilización (B)	6306,00	2	3153,00	7,26	0,0086	**
Variedad*Fertilización	377,73	2	188,87	0,43	0,6573	NS
Error (b)	5215,09	12	434,59			
Total	15444,77	23				

(*): Significancia al 5%; (**) altamente significativo al 1%; NS: no significativo

C.V (b)= 37.78% CV (a)= 35.42%

R²= 0,66

Media general: 55.2

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable número nódulos totales transformación de datos con LOG10.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	Pr>F	
Bloque	0,03	3	0,01	0,14	0,9282	
variedad (A)	0,06	1	0,06	0,86	0,3779	NS
Error (a)	0,22	3	0,07			
Fertilización (B)	0,83	2	0,41	5,72	0,0180	**
Variedad*Fertilización	0,04	2	0,02	0,28	0,7625	NS
Error (b)	0,87	12	0,07			
Total	2,05	23				

(*): Significancia al 5%; (**) altamente significativo al 1%; NS: no significativo

C.V (b)= 16.13% CV (a)= 0.47%

R²= 0.58

Media general: 55.2

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable número de nódulos activos.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	Pr>F	
Bloque	395,85	3	131,95	0.35	0,6830	
variedad (A)	214,20	1	214,20	0.57	0,3809	NS
Error (a)	1127,91	3	375,97			
Fertilización (B)	5856,58	2	2928,29	11,31	0,0017	**
Variedad*Fertilización	136,67	2	68,34	0,26	0,7723	NS
Error (b)	3105,91	12	258,83			
Total	10837,14	23				

(*): Significancia al 5%; (**) altamente significativo al 1%; NS: no significativo

C.V (b)=52.20% CV (a)= 62.9%

R²= 0.71

Media general: 30.8

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable nódulos activos transformación de datos con RAIZ cuadrada.

Fuente variación	de Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	Pr>F	
Bloque	1,36	3	0,45	0,15	0,9156	
variedad (A)	1,10	1	1,10	0,37	0,5352	NS
Error (a)	9,00	3	3,00			
Fertilización (B)	68,92	2	34,46	12,78	0,0011	**
Variedad*Fertilización	0,97	2	0,49	0,18	0,8372	NS
Error (b)	32,37	12	2,70			
Total	113,72	23				

(*): Significancia al 5%; (**) altamente significativo al 1%; NS: no significativo

C.V (b)=5.33% CV (a)= 5.62%

$R^2 = 0.72$

Media general: 30.8

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable días a floración

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	Pr>F	
Bloque	0,13	3	0,04	0.0076	0,8846	
variedad (A)	0,04	1	0,04	0.0076	0,9347	NS
Error (a)	15,79	3	5,26			
Fertilización (B)	4,08	2	2,04	10,50	0,0023	**
Variedad*Fertilización	1,58	2	0,79	4,07	0,0447	*
Error (b)	2,33	12	0,19			
Total	23,96	23				

(*): Significancia al 5%; (**) altamente significativo al 1%; NS: no significativo

C.V (b)= 1.12% CV(a)= 5.80%

$R^2 = 0.90$

Media general: 39.46

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable altura de planta.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	Pr>F	
Bloque	3,95	3	1,32	0,0403	0,8964	
variedad (A)	3,64	1	3,64	0,111	0,7605	NS
Error (a)	98,04	3	32,68			
Fertilización (B)	136,07	2	68,04	10,19	0,0026	**
Variedad*Fertilización	7,38	2	3,69	0,55	0,5895	NS
Error (b)	80,12	12	6,68			
Total	329,20	23				

(*): Significancia al 5%; (**) altamente significativo al 1%; NS: no significativo

C.V (b)= 6,50% CV(a)= 14,39%

$R^2 = 0.76$

Media general:39.72

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable vainas por planta.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	Pr>F	
Bloque	3,21	3	1,07	0,013	0,9511	
variedad (A)	18,73	1	18,73	0,230	0,6638	NS
Error (a)	243,42	3	81,14			
Fertilización (B)	905,44	2	452,72	47,65	<0,0001	**
Variedad*Fertilización	34,92	2	17,46	1,84	0,2013	NS
Error (b)	114,02	12	9,50			
Total	1319,74	23				

(*): Significancia al 5%; (**) altamente significativo al 1%; NS: no significativo

C.V (b)= 12,72% CV(a)= 37.22%

R²= 0,91

Media general: 24.2

Anexo 8. Análisis de varianza para la variable número de granos por vaina.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	Pr>F	
Bloque	0,30	3	0,10	0,83	0,1534	
variedad (A)	0,03	1	0,03	0,25	0,6760	NS
Error (a)	0,37	3	0,12			
Fertilización (B)	0,14	2	0,07	1,52	0,2578	NS
Variedad*Fertilización	0,05	2	0,02	0,51	0,6132	NS
Error (b)	0,56	12	0,05			
Total	1,44	23				

(*): Significancia al 5%; (**) altamente significativo al 1%; NS: no significativo

C.V (b)= 4,27 % CV(a)= 6,72%

$R^2 = 0,61$

Media general: 5.15

Anexo 9. Análisis de varianza para la variable total de plantas cosechadas por metro cuadrado.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	Pr>F	
Bloque	2.95	3	0.98	0.35	0.4373	
variedad (A)	0.84	1	0.84	0.3	0.6227	NS
Error (a)	8.47	3	2.82			
Fertilización (B)	3.17	2	1.58	1.57	0.2484	NS
Variedad*Fertilización	3.25	2	1.62	1.61	0.2408	NS
Error (b)	12.13	12	1.01			
Total	30.81	23				

(*): Significancia al 5%; (**) altamente significativo al 1%; NS: no significativo

C.V (b)=8.3 % CV(a)= 13.9%

R²= 0.61

Media general: 12.1

Anexo 10. Análisis de varianza para la variable rendimiento.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	Pr>F	
Bloque	406679,41	3	135559,80	0.208	0,0569	
variedad (A)	2,92	1	2,92	0.0000045	0,9934	NS
Error (a)	1951895,79	3	50631,93			
Fertilización (B)	945152,64	2	472576,32	11,57	0,0016	**
Variedad*Fertilización	88579,14	2	44289,57	1,08	0,3692	NS
Error (b)	490257,29	12	40854,77			
Total	3882567,19	23.00				

(*): Significancia al 5%; (**) altamente significativo al 1%; NS: no significativo

C.V (b)= 16.03 CV (a)= 18%

R²= 0,87

Media general: 1260.65

Anexo 11. Croquis de parcelas en el campo.

