

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CINCO VARIEDADES DE FRIJOL
COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.) A LA INOCULACIÓN CON UNA MEZCLA DE DOS
CEPAS DE *Rhizobium* CIAT-632 Y CIAT-899

POR

ALEX ARIEL HERNANDEZ NUÑEZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO



CATACAMAS

OLANCHO

JUNIO, 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CINCO VARIEDADES DE FRIJOL
COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.) A LA INOCULACIÓN CON UNA MEZCLA DE DOS
CEPAS DE *Rhizobium* CIAT-632 Y CIAT-

POR

ALEX ARIEL HERNANDEZ NUÑEZ

ELIO DURON, Ph.D

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.

JUNIO, 2016

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO

A ti padre por permitirme llegar hasta la recta final y no desampararme en ningún momento de mi vida, ya que sin tu ayuda no hubiese sido posible todo lo que he logrado. Gracias por brindarme sabiduría, salud, fuerza y derramar muchas bendiciones a lo largo de toda mi carrera universitaria y durante toda mi vida.

A mis padres **VICTOR HERNANDEZ APARICIO** y **MARIA ISABEL NUÑEZ AGUILERA** por ser tan especial, confiar en mí en todo momento y sobre todo gracias por esos consejos que me han brindado y que me han servido de mucho a lo largo de mi vida.

A mis hermanas **ANGELICA MARIA HERNANDEZ LAGOS, SEYDI YADIRA HERNANDEZ NUÑEZ, TANIA ISABEL HERNANDEZ NUÑEZ, KENIA LICETH HERNANDEZ NUÑEZ** y a **MI TIA VICTORIA NUÑEZ AGUILERA** por su apoyo y colaboración incondicional en cada una de las etapas de mi vida estudiantil y gracias por esos consejos tan valiosos que me han brindado y que han servido para tomar las mejores decisiones que me han llevado por el buen camino

A todos mis amigos que nunca dudaron de **MÍ**, y a mi familia que siempre pasaron pendiente durante cada día de mi vida estudiantil y por sus consejos que marcaron el camino a seguir.

AGRADECIMIENTO

A Dios: todo poderoso por darme fuerza para lograr mis objetivos y que nunca me desampara, gracias por darme la oportunidad de vivir y alcanzar este triunfo en mi vida, por proveerme sabiduría inteligencia, fortaleza, ya que sin ello este momento no estaría lleno de tanta felicidad.

Con mis padres por la vida, por siempre acompañarme en cada decisión que he tomado en mi vida y así de esta manera hacerme realidad mis sueños más anhelados y por creer en mí.

Con mis abuelos, tíos y primos, por pasar pendiente en toda la evolución de la carrera universitaria y apoyarme incondicionalmente en cada uno de las necesidades que como estudiante he vivido, gracias por esos consejos muy valiosos que han hecho de mí, tomar las mejores decisiones.

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA (UNA)** por brindarme estos cuatro años constantes de conocimientos básicos, para desempeñarme de manera adecuada en el campo laboral y a todo el personal que labora en el CEDA: gracias por el apoyo brindado en el desarrollo de esta investigación principalmente al Ing

A mis asesores **Ph. D ELIO DURON, Ing. ADAN RAMIREZ M. Sc. ESMELYN OBED PADILLA** por sus conocimientos que me compartieron tanto en mi formación académica como también en el desarrollo de mi trabajo de investigación.

Hernandez Nuñez, A. 2016. Comportamiento Agronómico De Cinco Variedades De Frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.) A La Inoculación Con Una Mezcla De Dos Cepas *Rhizobium* CIAT-632 Y CIAT-899. Tesis Ing Agr. Catacamas, Olancho Honduras. Universida Nacional de Agricultura

RESUMEN

El trabajo de investigación se desarrolló en el Centro de Entrenamiento de Desarrollo Agrícola (CEDA), ubicada en el Departamento de Comayagua a 5 km de la ciudad de Comayagua en el desvío a El Taladro en un periodo de 3 meses. Se usaron 5 variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*): Amadeus, Deorho, Tio Canela, Carrizalito, Paraisito y una mezcla de dos cepas: CIAT 632 (*Rhizobium etli*) con CIAT 899 (*Rhizobium tropici*). La inoculación se hizo a la semilla de cada variedad dejando un testigo relativo (sin inoculación) en cada variedad resultando 10 tratamientos por cada repetición teniendo como objetivo principal determinar la respuesta de cinco variedades de frijol común a la inoculación con una mezcla de dos cepas de *Rhizobium* (relación entre genotipo de frijol-cepas de *Rhizobium* “**especificad G * C**”). El diseño utilizado fue un factorial con un arreglo en bloques completos al azar, para ello se realizaron 3 repeticiones para cada uno de los tratamientos en la que se evaluaron siete variables de respuesta. Los resultados revelan resultados promedios favorables para la mayoría de las variables: la altura de planta es de 43.09 cm, días a floración fue de 36.87 días, el número de vainas fue de 13.99 por planta, el número de granos por vainas es de 4.83, peso de 100 granos es de 20.93 gramos y el rendimiento fue de 1698.36 kg.ha⁻¹. Las diferencias entre cada uno de los tratamientos se debe al factor genotipo, sin embargo se observaron diferencias significativas en cuanto al número de nódulos activos oscilando 4.75-23.59 por planta, Carrizalito inoculado obtuvo 23.59 nódulos por planta seguido de Paraisito inoculado con 13.25 nódulos activos y la que obtuvo la media más baja fue Amadeus no inoculado con 4.75 nódulos por planta, estas diferencias observadas se debe al factor cepas y la especificidad que tienen con cada una de las variedades sometidas a investigación. Según los datos observados se concluye que la inoculación a las variedades Carrizalito y Paraisito tienen un alto grado de especificidad con las cepas inoculadas en relación a los tratamientos no inoculados (testigo relativo).

Palabras claves: *Rhizobium*, CIAT 632 y CIAT 899, especificidad, efectividad, infectividad inoculación, genotipo.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos	2
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	3
4.1. Generalidades del cultivo del frijol	3
4.2. Etapas de desarrollo del cultivo del frijol.....	4
4.3. Composición nutricional del cultivo de frijol	5
4.4. Problemática del cultivo del frijol.....	5
4.5. Descripción de las variedades de frijol (<i>P. vulgaris l.</i>)	6
4.5.1. Deorho	6
4.5.2. Amadeus	7
4.5.3. Carrizalito	7
4.5.5. Paraisito Mejorado.....	8
4.6. El nitrógeno (N ₂)	8
4.7. Microorganismos del suelo	9
4.8. Especies vegetales fijadoras de nitrógeno	9

4.9.	Microorganismos fijadores de nitrógeno.....	10
4.10.	Rhizobium	10
4.11.	Bioquímica de la fijación biológica de nitrógeno	10
4.12.	Simbiosis leguminosa-rhizobium.....	12
4.12.1.	Inoculación con rhizobium	14
4.12.2.	Tipos de inoculantes	14
8.1.	Semilla pre inoculada	15
V.	MATERIALES Y METODOLOGIA.....	17
5.1.	Localización del experimento	17
5.2.	Materiales y equipo	17
5.3.	Manejo del experimento.....	17
5.3.1.	Preparación del terreno	17
5.3.2.	Prueba de germinación	18
5.3.3.	Inoculación de la semilla	18
1.3.4	Siembra.....	19
5.3.4.	Determinación del porcentaje de sobrevivencia.....	19
5.3.5.	Fertilización	19
5.3.6.	Riego.....	20
5.3.7.	Manejo de malezas	20
5.3.8.	Manejo de plagas y enfermedades.....	21
5.3.9.	Cosecha.....	21
5.7.	Diseño del experimento.....	21
5.4.	Variables a e	23
5.4.1.	Días a floración.....	24

5.4.2.	Número de nódulos totales activos.....	24
5.4.3.	Altura de la planta.....	24
5.4.4.	Promedio de granos por vaina.	24
5.7.5.	Promedio de vainas por planta.....	25
5.7.6.	Rendimiento kg.ha ⁻¹	25
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
6.1	Variables Agronómicas	26
6.1.1.	Altura de plantas en cm	26
6.1.2.	Días a floración.....	29
6.1.3.	Número total de nódulos activos	31
6.2.1.	Vainas de planta.....	35
6.2.2.	Granos por vaina.....	36
6.2.3.	Peso de 100 granos	37
6.2.4.	Rendimiento (kg.ha ⁻¹).....	38
VII.	CONCLUSIONES	39
VIII.	RECOMENDACIONES.....	40
	BIBLIOGRAFIA	41
	ANEXOS	44

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Etapas de desarrollo del cultivo del frijol.....	4
Cuadro 2. Valor nutricional del frijol por cada 100 gramos.	5
Cuadro 3. Tratamientos utilizados en el desarrollo del experimento	22
Cuadro 4. Alturas de plantas realizando para ello tres mediciones a los 15, 30, 45 días después de la siembra, días a floración y número total de nódulos activos (variedad “Factor A”, inoculación “Factor B”) e interacción variedad * inoculación).....	27
Cuadro 5. Variables de rendimiento (variedad “Factor A”, inoculación “Factor B”) e interacción variedad * inoculación).....	34

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. ANAVA para la variable altura de planta a los 15 DDS.	45
Anexo 2. ANAVA para la variable altura de plantas a los 30 DDS.	45
Anexo 3. ANAVA para la variable altura de plantas a los 45 DDS.	45
Anexo 4. ANAVA de la variable días a floración	46
Anexo 5. ANAVA para la variable Número Total De Nódulos Activos	46
Anexo 6. ANAVA para la variable vainas por planta.	46
Anexo 7. ANAVA para la variable granos por vaina.....	47
Anexo 8. ANAVA para la variable peso de 100 granos.....	47
Anexo 9. ANAVA para la variable de rendimiento en KgHa ⁻¹	47
Anexo 10. Croquis de campo	48
Anexo 11. Características del rhizobium observables.....	49
Anexo 12. Preparación de inoculante bacteriano para semilla de leguminosas.	50
Anexo 1. Prueba de germinación	53

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Alturas de plantas a los entre variedades (Factor A)	28
Figura 2. Dias a floración entre variedades (Factor A).	30
Figura 3. Numero de nódulos activos entre variedades (Factor A).....	32
Figura 4Numero de nódulos activos en la inoculación (Factor B).	32
Figura 5. Numero de vainas por planta entre las variedades (Factor A).....	35
Figura 6. Promedio de granos por vainas entre las variedades (Factor A).....	37

I. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad y la cantidad de nutrientes en el suelo a medida avanzamos en el tiempo, son cada vez más deficientes para los rubros productivos que explotamos, esto debido a que los mismos son en su mayoría son de ladera y están propensos a la erosión, repercutiendo negativamente en la disponibilidad de nutrimentos. El nitrógeno como tal, se encuentra en ácidos nucleicos, las proteínas y en la clorofila, siendo este el elemento más importante para todas las formas de vida, por lo que su deficiencia en los suelos crea la fertilización necesaria.

El cultivo de frijol común después del maíz, es el principal rubro del grupo de las leguminosas de mayor importancia en la dieta alimenticia de los hondureños, ya que es una fuente barata de proteína, carbohidratos y minerales, para una dieta balanceada. Se usa en combinación con maíz ya que es deficiente en algunos aminoácidos esenciales, esto principalmente en las zonas rurales. El consumo de frijol por persona es variable, esto considerando criterios como: disponibilidad, opciones alimenticias, procedencia (campo o ciudad) y estrato social; los rangos de consumo van desde 12-23 Kg / persona/año (SAG, 2010).

En Honduras se sembraron 126,450 hectáreas de frijol en el 2010, lográndose producir 90702.95 t con un promedio de 0.77 t ha⁻¹ (SAG 2010). Siendo el cultivo de los pequeños productores, la productividad y rentabilidad se ven afectadas por varios factores como: La disponibilidad de agua, suelos con deficiencias o pobres en nutrientes, plagas, enfermedades y factores climáticos adversos. Es por ello, la importancia del presente estudio, de identificar genotipos de frijol y cepas que sean mayormente eficientes y presenten respuestas superiores en determinadas condiciones edafoclimáticas.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- ❖ Determinar la respuesta de cinco variedades de frijol común a la inoculación con una mezcla de dos cepas de *Rhizobium*.

2.2. Objetivos específicos

Medir parámetros agronómicos, altura de planta, días a floración, número total de nódulos activos, en las diferentes variedades de frijol común.

Establecer que componentes del experimento presentan los resultados más favorables en cuanto al número de granos por vaina, vainas por planta, peso de 100 gramos y el rendimiento en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

En Honduras, el frijol se cultiva en casi todo el país, las principales zonas productoras están ubicadas en los departamentos de El Paraíso y Francisco Morazán los cuales aportan el 30% de la producción nacional seguido por Olancho con un 22%, Yoro, Cortés y Santa Bárbara con un 18%, Copán, Ocotepeque, Lempira con un 12%, Comayagua, Intibucá y La Paz con un 6% y los departamentos de Choluteca y Valle con un 4%, (SAG, 2004)

La creciente necesidad de producir alimento a nivel mundial nos ha llevado a la implementación de nuevas biotecnologías para ser más eficientes y eficaces en la producción de frijol, siendo muchos y variables los problemas que afrontan los pequeños agricultores en sus pequeñas parcela de explotación. El rubro del frijol es importantísimo en la dieta alimenticia de los las familias de las zonas rurales ya que es el segundo alimento después del maíz usado como fuente de proteína, representando un eslabón necesario al hablar de seguridad alimentaria (DICTA y SAG, 2011)

4.1.Generalidades del cultivo del frijol

Estudios arqueológicos revelan que el frijol del género Phaseolus, se origina en el Continente Americano, encontrándose evidencias en las regiones de México. De ahí se diseminaron las primeras semillas y se comenzó a cultivar el frijol común hacia el sur del Continente Americano. (Voyset, 2000). El frijol se le conoce con varios nombres: poroto, haricot, caraota, judía, aluvia, habichuela y otros. El frijol común (*P. vulgaris* L.) uno de las cultivos más importantes perteneciente a la familia de las leguminosas, ya que es muy cultivado en diferentes condiciones edafoclimáticas que van desde climas tropicales a templados presentando buenos resultado en cuanto a su adaptación y rendimientos. Es uno de los

alimentos básicos en Honduras ya que es una fuente principal de proteína; rico en lisina pero deficiente en los aminoácidos azufrados como la metionina, cisteína y triptófano para lo cual una dieta balanceada se logra al combinar con los cereales (arroz, maíz y otros).

Siendo la leguminosa más importante en la alimentación de las familias rurales, el frijol representa el segundo lugar después del maíz utilizado como fuente de proteína ya que contiene el 22% de proteína de alta digestibilidad y el 70% de carbohidratos totales. Además aportando cantidades en proporciones considerables de algunos minerales (Calcio, Magnesio y Hierro), vitaminas A, Tiamina entre otras. No solo por su importante valor alimenticio que representa para las poblaciones rurales, si no también por la importante función que desempeña en la naturaleza debido a las cualidades que contiene de poder realizar actividades de simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, por lo cual contribuye gratuitamente a mejorar la fertilidad del suelo (Valladares, 2010).

4.2.Etapas de desarrollo del cultivo del frijol

Cuadro 1. Etapas de desarrollo del cultivo del frijol

Fase Vegetativa		VO	Germinación
		V ₁	Emergencia
		V ₂	Hojas Primarias
		V ₃	Primera Hoja Trifoliada
		V ₄	Tercera Hoja Trifoliada
Fase Reproductiva	Formación De Estructuras Vegetativas	R ₅	Prefloración
		R ₆	Floración
		R ₇	Formación De Vainas
		R ₈	Llenado De Vainas
		R ₉	Maduración

El frijol común (*P. vulgaris L.*) por su alta adaptabilidad a una diversidad de condiciones de suelo y climáticas presenta varias características en común y además, se diferencian entre cada una de las variedades que tanto pequeños y grandes productores explotan en sus campos de cultivo.

4.3. Composición nutricional del cultivo de frijol

Cuadro 2. Valor nutricional del frijol por cada 100 gramos.

Carbohidratos	61.5 g	Tiamina Vit. B1	0.62 mg
Fibra	4.3 g	Riboflamina Vit. B2	0.14 mg
Grasas	1.7 %	Niacina Vit. B3	1.7 mg
Proteínas	19.2 g	Vitamina B6	0.4 mg
Agua	7.9 g	Ácido Fólico	394 µg
Vitamina A	1.0 µg	Calcio	228 mg
Magnesio	140 mg	Fosforo	407 mg
Potasio	1406 mg	Zinc	2.79 mg (28%)

Fuente: Valladares C.A, 2010.

4.4. Problemática del cultivo del frijol

La agricultura presenta la mayor fuente de degradación de los suelos por ser el tipo de utilización de la tierra que más se extiende a medida transcurre el tiempo llevándose con ello la pérdida de la biodiversidad ya que a esta se le atribuye la alta producción y uso industrial de insumos (FAO, 2004). Las malas prácticas agrícola implementadas en la agricultura han ocasionado una ruptura de las relaciones entre la agricultura, cultura rural y el entorno

biofísico cuyo efecto se desplaza a los procesos biológicos de los ecosistemas, impactando negativamente en los recursos naturales y al ser humano en particular (Altieri, 1990).

Por otra parte, según investigaciones realizadas se ha demostrado que las entradas de nitrógeno y fósforos de la agricultura, son las principales causas de alteraciones de la calidad del agua. Siendo las concentraciones de nitratos que causa daños en la población (disminuye la capacidad de la sangre para transportar oxígeno) (Vanni et al., 2001).

El frijol es un cultivo tradicional que por lo general es manejado con baja tecnología, por lo que los rendimientos normalmente son bajos que van desde 910-1030 kg.ha⁻¹, manejando dos ciclos de siembra por año (primera y postrera). Presentando una problemática actualmente ya que la mayoría de los agricultores no cuentan con un sistema de riego volviéndose dependiente en un 100% del agua lluvia, en ocasiones se ha llegado a perder totalmente la producción, ya que las lluvias se suspenden y los rubros productivos entran en senescencia, ya que el suelo no cuenta con los requerimientos hídricos que el cultivo demanda.

4.5. Descripción de las variedades de frijol (*P. vulgaris* L.)

4.5.1. Deorho

Variedad de frijol de grano de color rojo claro. Es una variedades de madurez temprana a intermedia, su floración ocurre a los 36-38 días después de la siembra (DDS) y su madurez 68-70 DDS, con hábitos de crecimiento arbustivo indeterminado tipo II, de porte erecto tipo arbolito (SICTA y IICA, 2004).

Es resistente al virus del mosaico dorado y al del mosaico común, que se caracteriza por su buena adaptación y rendimiento a nivel nacional. Se adapta en las regiones bajas tropicales, incluyendo una buena tolerancia al calor y a la sequía. Liberado por DICTA/SAG-Zamorano en el año 2005 (SAG y DICTA, 2004).

4.5.2. Amadeus

Variedad de frijol de grano color rojo brillante con rendimientos promedios de 1040-1540 kg.ha⁻¹. Es una variedad precóz a intermedia, su floración ocurre a los 36-38 días después de la siembra y su madurez fisiológica la alcanza a los 66 a 68 días con un hábito de crecimiento arbustivo indeterminado de porte erecto tipo arbolito, es resistente al virus del mosaico común y de resistencia intermedia a la bacteriosis común, la roya, el picudo de la vaina y gorgojos de almacenado. Tiene alta adaptación al calor y se siembra en las zonas costeras. Por otro lado se adapta a condiciones variables de fertilidad de suelo y responde muy bien a fertilizantes y a la materia orgánica. Liberado por DICTA/SAG-Zamorano en el año 2004.

4.5.3. Carrizalito

Variedad de frijol de grano color retinta, con rendimientos promedio de 1100-1680 kg.ha⁻¹. Es una variedad de ciclo intermedio, su floración ocurre a los 35-37 DDS y su madurez a los 68-70 DDS, de porte erecto tipo arbolito. Es resistente al Virus del Mosaico Dorado, al de Mosaico Común, Antracnosis y Roya, de resistencia intermedia a la Bacteriosis Común y al Picudo de la Vaina y gorgojos de almacenado. Tiene buena adaptación a las condiciones altas de temperatura que predominan en las zonas bajas, sin embargo, se adapta a zonas intermedias y de altura. Por otro lado se adapta a condiciones variables de fertilidad del suelo y responde muy bien a los fertilizantes y a la materia orgánica. Liberado por la DICTA/SAG-Zamorano en el año de 2004.

4.5.4. Tío Canela.

Variedad de fríjol de grano color rojo retinto con rendimientos promedios de 1750 kg.ha⁻¹. Puede cultivarse desde 400 a 2000 msnm, el pH del suelo ideal es 6.5 y 7.5, sin embargo, el comportamiento de esta variedad es bueno en suelos con pH de 4.5 y 5.5. El ciclo vegetativo está entre 68 a 70 días, con un hábito de crecimiento II. Liberado por la Escuela Agrícola Panamericana, ZAMORANO en 1996.

4.5.5. Paraisito Mejorado

Es una nueva variedad que ha sido liberada a los productores en diciembre del año pasado. La variedad Paraisito Mejorado es de color rojo claro brillante, de rápida cocción que no se deshace ni forma liga, de cáscara suave, con caldo algo espeso y con un sabor que complace el gusto de los hondureños. Esta variedad se caracteriza por su rendimiento de 1750 kg.ha⁻¹, con potencial a 2500 kg.ha⁻¹, sus plantas son vigorosas y florece y madura uniformemente, es fácil cosecharlo porque no se desgrana y es más eficiente en la actividad de aporreo.

4.6. El nitrógeno (N₂)

El nitrógeno es uno de los elementos esenciales en la nutrición de las plantas, es el motor del crecimiento de la planta, siendo absorbido desde el suelo bajo la forma de nitrato (NO⁻³) o de amonio (NH⁺⁴). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. El nitrógeno se encuentra disponible en un porcentaje muy alto en la naturaleza (78-80%) en forma molecular N₂ el cual mediante un proceso de fijación biológica puede ser transformado en nitratos y amonio y ser aprovechado por las plantas (Paredes, 2013).

La función principal del nitrógeno es la de estimular el crecimiento de las plantas, especialmente la etapa inicial del crecimiento vegetativo, ya que genera un alto índice de área foliar y prolonga la vida útil de las hojas. El nitrógeno además, aumenta el número de ejes durante la floración, el número de flores, número y peso de las vainas además de regular la cantidad de hormonas, dentro de la planta.

4.7. Microorganismos del suelo

Los microorganismos son los componentes más importantes del suelo, ya que constituyen su parte viva y son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo del mismo. La diversidad de microorganismos que se encuentran en una fracción de suelo cumple funciones determinantes en la descomposición de componentes orgánicos e inorgánicos que se le incorporan. Esto permite comprender su importancia en la nutrición de las plantas al efectuar procesos de transformación hasta elementos que pueden ser asimilados por sus raíces

Hoy en día 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.

4.8. Especies vegetales fijadoras de nitrógeno

Las plantas fijadoras de nitrógeno albergan bacterias y hongos que son capaces de convertir el nitrógeno del aire en material disponible para los organismos como es el caso del frijol común de importancia alimenticia en la actualidad.

4.9. Microorganismos fijadores de nitrógeno

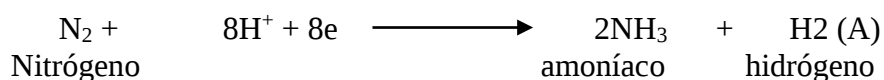
La capacidad de fijación del nitrógeno es una cualidad de varios grupos fisiológicos, que tienen en común la característica de ser procarióticos. Entre los microorganismos involucrados en la fijación biológica del nitrógeno se encuentran las bacterias del género *Rhizobium* entre otros. Las bacterias fijadoras de nitrógeno son un componente importante para el suelo y requieren una fuente de energía.

4.10. *Rhizobium*

La primera especie (*R. leguminosarum*) se identificó en 1889, y todas las sucesivas especies se colocaban en el género *Rhizobium*. Sin embargo, métodos más avanzados de análisis han revisado esa clasificación y ahora se distribuyen entre muchos géneros. Los *Rhizobium* son microorganismos capaces de inducir la formación de nódulos fijadores de nitrógeno atmosférico en las raíces de las plantas de la familia Leguminosa (y en sólo otra no leguminosa, *Parasponia*). Cepas de crecimiento rápido (tiempo de generación: de 2 a 4 horas), con varios flagelos, acidificantes en diferentes medios (Paredes, 2013). Tradicionalmente su clasificación se ha basado en el concepto de especificidad *Rhizobium*-leguminosa

4.11. Bioquímica de la fijación biológica de nitrógeno

La dinitrogenasa (N_2 -asa) constituye el equipo enzimático que cataliza la reducción de nitrógeno a amoníaco, con liberación de hidrógeno:



La dinitrogenasa, que en los sistemas simbióticos se encuentra exclusivamente en el microsimbionte, fue aislada por primera vez en 1960 a partir de la bacteria (*Clostridium pasteurianum*), y desde entonces se ha demostrado su presencia en todos los microbios fijadores. Se trata de un complejo enzimático formado por un componente I, o molibdoferroproteína, componente II o ferro-proteína. El componente I tiene por misión la reducción de nitrógeno a amoníaco, y el componente II la transferencia al I de la energía necesaria para que éste pueda llevar a cabo aquella reducción. Para que tenga lugar la reducción de nitrógeno se necesita la presencia de ambos componentes, energía biológica en forma de adenosín trifosfato (ATP), iones magnesio, poder reductor, protones y un ambiente anaerobio, ya que la dinitrogenasa es rápidamente inactivada por el oxígeno.

La fijación de nitrógeno consume una elevada cantidad de energía biológica, aproximadamente 28 moléculas de ATP por molécula de nitrógeno reducida, energía cuya formación en los sistemas simbióticos y en los microbios fotosintéticos depende de la luz solar. Este alto consumo energético limita la importancia ecológica de los fijadores de nitrógeno. Además de proporcionar esa energía. Los productos de la fotosíntesis, o fotosintatos, van a ser utilizados como fuente de compuestos carbonados para la incorporación del amoníaco en su estructura química, y también en el crecimiento y desarrollo de los nódulos y otros órganos. Si tenemos en cuenta que el rendimiento fotosintético no es muy alto, se comprende fácilmente que la fotosíntesis sea un factor limitante, de hecho el principal, en la fijación de nitrógeno.

Los dos componentes de la dinitrogenasa son inactivados por el oxígeno del aire, y además su síntesis es reprimida. Para protegerse del oxígeno, los sistemas fijadores de nitrógeno han desarrollado, a lo largo de su evolución, una serie de estratagemas fisiológicas, para excluir total o parcialmente dicho gas de los lugares de fijación, entre los cuales cabe citar:

- a. Una mayor actividad respiratoria en el caso de fijadores libres cuando la oxigenación del entorno aumenta, con lo cual se consiguen niveles de oxígeno lo suficientemente bajos para que no sea nocivo.
- b. Los nódulos radicales, donde el microbio encuentra las condiciones idóneas para expresar su actividad fijadora y donde existe un pigmento semejante a la hemoglobina de la sangre (leg-hemoglobina), que regula el suministro de oxígeno al microbio para su respiración, y a niveles que no afecten su actividad fijadora. Esta sustancia refleja la íntima asociación entre los dos organismos simbióticos, puesto que el grupo hemo es sintetizado por la bacteria, y la globina es de origen vegetal.

El amoníaco formado en la fijación de nitrógeno es asimilado rápidamente a través de una ruta metabólica en la que intervienen dos enzimas, la glutamina- sintetasa (GS) y la glutamatosintasa (GOGAT), con el resultado final de la incorporación de la incorporación del nitrógeno a la molécula de glutamato, que servirá de precursor para otros compuestos. La asimilación de NH_3 en la simbiosis es realizada `por la planta, a la cual llega desde el microsimbionte por difusión, ya que éste contiene cuantitativamente pocas enzimas asimiladoras. Una vez en la célula vegetal del nódulo, el NH_3 pasa a formar parte de la glutamina y el glutamato, que son los primeros productos orgánicos en las asociaciones simbióticas. Alternativamente, los productos transportados hacia el xilema de las plantas pueden ser otros. En efecto, la glutamina puede salir como tal del nódulo, o bien sufrir transformaciones a asparaguina, o a ureidos como alantoína y ácido alantoico.

4.12. Simbiosis leguminosa-rhizobium

Debido a la capacidad que posee el frijol de participar en funciones simbióticas con las bacterias fijadoras de nitrógeno pertenecientes a genero rhizobium, estas bacterias promotoras del crecimiento asociadas a la rizósfera son las que fijan 1/3 a 1/2 del nitrógeno atmosférico, llegando a obtener el 50% de los requerimientos que el frijol exige. La

eficiencia de la fijación de nitrógeno depende de la interacción de genotipo-cepa, suelo, temperatura entre otros factores. La generación y transmisión de estas nuevas tecnologías generadas son las que vienen a dar soluciones a corto y largo plazo a la problemática que actualmente presentan tanto los pequeños, medianos y grandes productores, principalmente en las zonas rurales (Escoto, 2009).

Las simbiosis de las plantas con (*Rhizobium sp*) respectivamente, se establecen como resultado de la expresión de unas características propias del microbio, de la planta hospedadora, y de la asociación de ambos, Entre las propiedades de las simbiosis cabe destacar:

- a) Especificidad, o propiedad por la que el microbio infecta selectivamente a la planta hospedadora.
- b) Infectividad, o capacidad del microbio para invadir la planta hospedadora.
- c) Efectividad, o capacidad para que el nódulo se lleve a cabo la secuencia de un proceso que conduzca a la reducción de nitrógeno atmosférico a amoníaco.

El microbio efectúa su entrada en la planta, bien por los pelos absorbentes de la raíz, bien sea a través de su epidermis. Posteriormente, se ubica en los nódulos, aislado del ambiente exterior, encerrado en el interior de la planta hospedadora. Esta localización plantea la necesidad de la existencia de un intercambio metabólico entre los dos simbioses, que implica el suministro por la planta de los nutrientes y compuestos carbonados necesarios para el microbio, así como el transporte hacia la planta de los nutrientes y compuestos carbonados necesarios para el microbio, así como el transporte hacia la planta de los productos nitrogenados resultantes de la actividad fijadora del microbio.

4.12.1. Inoculación con rhizobium

Un inoculante es un concentrado de bacterias específicas, que aplicado convenientemente a la semilla poco antes de su sembrado. El inoculante debe contener un número alto de bacterias viables específicas para la leguminosa a ser cultivada. Los estándares mínimos de calidad de inoculantes varían según el país. Inoculantes con concentraciones de por lo menos mil millones de bacterias por gramo de producto fresco. La producción de los inoculantes se realiza por métodos industriales, resultando importante que el mismo no sea expuesto a temperaturas mayores de 30-35°C durante el transporte y manipuleo. La bacteria debe ser específica para la planta considerada para que se puedan formar buenos nódulos que sean efectivos en la FBN.

Si bien las leguminosas pueden estar bien noduladas cuando crecen en condiciones naturales, las modificaciones introducidas por el hombre, como es el caso de monocultivos, aplicación incontrolada de fertilizantes químicos, tratamientos con pesticidas y herbicidas, entre otros, han causado una pérdida en la infectividad de los suelos. Por ello, la inoculación de leguminosas con microbios adecuados es de gran importancia para el desarrollo de las mismas.

4.12.2. Tipos de inoculantes

5. Inoculantes en polvo

Es el tipo de inoculante más común del mercado. El cultivo de bacterias se mezcla con un soporte finamente molido con pH cercano a 6,5, que protege a los rizobios durante el período de almacenamiento y provee mejor adhesión a la semilla.

6. La Turba neutra

Es considerada uno de los mejores soportes donde se aislarán las bacterias utilizadas en la inoculación de la semilla, pero pueden utilizarse varios productos orgánicos y minerales en lugar de la turba.

7. Inoculantes granulados

Los microorganismos son producidos a partir de inoculantes en polvo y gránulos de arcilla. Éste tipo de inoculantes se aplican en el surco de siembra, permitiendo separar los rizobios de las semillas que han sido tratadas con pesticidas o fungicidas.

8. Inoculante líquido

El inoculante se prepara con un cultivo líquido de bacterias que se diluye inmediatamente antes de su uso. Debe almacenarse a 4°C. Estos rizobios tienen escasa sobrevivencia en la semilla. Puede ser agregado a la semilla antes de la siembra o puede ser aplicado directamente en el surco.

8.1. Semilla pre inoculada

Un criterio de selección es que el rizobio forme nódulos en las raíces de la planta hospedadora, bajo un amplio espectro de condiciones ambientales muestre capacidad de competir con ventaja sobre otros rizobios no deseados, sobreviva y se multiplique en el suelo, tenga resistencia a pesticidas, desecación, etc. se han obtenido resultados muy satisfactorios cuando se inocula el suelo directamente o la semilla, a continuación se siembra la semilla.

Esta práctica se recomienda sobre el peletizado de semilla, cuando:

- a) Las semillas se trataron con fungicidas que resultan tóxicos para la bacteria.
- b) La semilla es demasiado frágil para ser peletizado, como la del cacahuete;
- c) La superficie de la semilla se separa de ésta en una etapa temprana de la germinación.
- d) El pequeño tamaño de algunas semillas.

El proceso de inoculación lo realiza el semillerista antes de su comercialización. Las bacterias sobreviven un período de tiempo muy corto sobre las semillas (2 a 3 días). Si dividimos los inoculantes en soporte líquidos y soportes pulverulentos, la clasificación cambia: entre los líquidos encontramos acuosos y oleosos; y dentro de los pulverulentos están los de soporte de turba y dolomita.

V. MATERIALES Y METODOLOGIA

5.1. Localización del experimento

La investigación se realizó en el Centro de Entrenamiento De Desarrollo Agrícola (CEDA), ubicada en el Departamento de Comayagua a cinco (5) km de la ciudad de Comayagua, en el desvío a El Taladro. En promedio esta región predominan los suelos francos arcillosos y franco-arcilloso-limoso, con un Ph que oscila entre 7-8 moderadamente fértiles. En cuanto a las condiciones climáticas se presentan temperaturas medias de 27.6 °C, una altitud de 615 msnm y con precipitaciones anuales de 1350-1700 mm. Desde el punto de vista agronómico el valle de Comayagua presenta un buen potencial para la explotación agrícola

5.2. Materiales y equipo

Para instalar y desarrollar el experimento se utilizaron 5 genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*): Paraisito Mejorado, Amadeus, Deorho, Tio Canela y Carrizalito y utilizando una mezcla de dos cepas rhizobium: CIAT 899 (*Rhizobium tropici*) y CIAT 632 (*Rhizobium etli*) para la respectiva inoculación de la semilla, equipo del laboratorio de rhizobium (balanza analítica, tamices, guantes, horno, entre otros), equipo de trabajo en campo (bomba, azadón, machete, entre otros), programa estadístico para el análisis de datos y Microsoft para la tabulación de datos.

5.3. Manejo del experimento

5.3.1. Preparación del terreno

Se realizó la medición del área experimental en la que se estableció el ensayo y se procedió a la eliminación de la maleza utilizando maquinaria (segadora o chapiadora) y se dejó por un tiempo la maleza (que se secase) para luego ser incorporada. Se procedió con el levantamiento de las camas con la maquinaria a una altura de la cama de 30-45 cm aproximadamente, seguidamente se trazaron las medidas de cada unidad experimental y de cada bloque donde se instalaron los tratamientos.

5.3.2. Prueba de germinación

La prueba de germinación de la semilla se realizó mediante el método del periódico, la cual consistió en humedecer 2 páginas de periódico y envolver 100 semillas de cada variedad y realizando tres repeticiones por cada variedad determinando de esta manera el porcentaje de germinación que fue del 95 % en promedio general.

5.3.3. Inoculación de la semilla

El proceso de inoculación de la semilla de frijol se realizó en el laboratorio de rhizobium. Se seleccionó la cantidad de semilla de cada variedad necesaria para la siembra, se colocó en un recipiente y se procedió a lavar las semillas varias veces con agua corriente (6 veces) para eliminar impurezas de las semillas. La inoculación de la semilla se realizó en húmedo para lo cual una vez se lavó la semilla se dejó en un recipiente donde seguidamente se le agregó el inoculante y se mezcló de manera que el peletizado fuera uniforme luego, se colocó la semilla en bolsas permeables (la proporción utilizada fue de 600 cm³ de agua por cada 500 gramos de inóculo) de manera que la semilla no tuviera contacto directo con la radiación solar. La semilla fue trasladada al campo para la siembra definitiva la cual se realizó por la mañana (9:00 am) en un periodo de dos horas, siendo la semilla inoculada con la que se procedió a la siembra.

1.3.4 Siembra

La siembra se realizó manualmente colocando 10 semillas de frijol por metro lineal a una distancia entre surco de 0.43 metros para lo cual se utilizaron tubos PVC previamente marcados para asegurar que los distanciamiento fueran lo más uniforme posibles. Cada unidad experimental (cama) está compuesta por dos hileras con una longitud de 10 metros cada uno y una distancia de 1.3 metros entre camas. Las condiciones de humedad en las que se sembró la semilla fueron las óptimas (agua lluvia) seguidamente se instaló el sistema de riego por goteo para proveer las condiciones de humedad óptimas de humedad para el buen desarrollo del de las plantas.

5.3.4. Determinación del porcentaje de sobrevivencia

Al momento de que germinó la semilla y emergió se realizó un monitoreo del porcentaje de germinación y así se determinó la cantidad de plantas/hectárea con las que se desarrolló el ensayo. Para determinar el número de plantas/hectárea se aplicaron muestreos en cada una de las unidades experimentales mediante un conteo de las plantas emergidas.

5.3.5. Fertilización

A) Tratamientos sin inoculantes

Se realizaron tres fertilizaciones durante todo el ciclo del cultivo, realizando la primera fertilización a 10 dds, la segunda a los 25 dds del cultivo y la tercera al entrar a la floración.

Los fertilizantes utilizados fueron: 18-46-0, 12-24-12, KCL, foliares 15-15-15 y fertifrijol y sulfato de magnesio

B) Tratamientos con inoculantes

La fertilización de los tratamientos que estaban inoculados con rhizobium en este caso se aplicaron fuentes que no contenían nitrógeno en su fórmula química para lo cual se utilizaron los siguientes fertilizantes: sulfato de magnesio, KCL, fosforo activado para lo cual se realizaron aplicaciones foliares semanales.

5.3.6. Riego

Se instaló un sistema de riego por goteo para asegurar las condiciones que el cultivo requiere para un óptimo desarrollo aplicando el agua cuando el cultivo lo requería en todas las etapas de crecimiento.

5.3.7. Manejo de malezas

Los controles de malezas se realizaron manualmente. La frecuencia con la que se hicieron los controles de malezas fue de acuerdo al crecimiento de las mismas de manera que no fueran a crear competencia con el cultivo.

5.3.8. Manejo de plagas y enfermedades

El control de plagas se realizó desde el momento de la preparación del terreno, eliminando hospederos de plaga alrededor del cultivo haciendo una ronda alrededor del cultivo. Los controles de plagas y enfermedades se realizaron de acuerdo a los monitoreos visuales realizados. Para el control de plagas se usaron productos sistémicos ENGE0 24.7 utilizando 5 centímetros cúbicos (cc) por bomba de 16 litros y CURYOM 55 EC utilizando 5 cc por bomba de 16 litros. Para el control de enfermedades se utilizó AMISTAR utilizando una dosis de 5 cc por bomba de 16 litros.

5.3.9. Cosecha

Se realizó cuando la mayoría de las vainas presentaron color amarillo claro y se avaluaron mediante una cuantificación de vainas/planta, granos/vaina y kilogramos/parcela útil para determinar las diferencias en cuanto a los rendimientos esperados en cada uno de los tratamientos.

5.7. Diseño del experimento

El diseño que se implementó fue un factorial en bloques completamente al azar (dos factores). Las variedades corresponde al primer factor (factor A); la inoculación y la no inoculación de la semilla corresponden al segundo factor (Factor B)

Cuadro 3. Tratamientos utilizados en el desarrollo del experimento

Tratamientos	Descripción	Mezcla de las cepas
1	Paraisito mejorado inoculado	CIAT 632 Y CIAT 899
2	Paraisito mejorado no inoculado	Ninguna
3	Amadeus inoculado	CIAT 632 Y CIAT 899
4	Amadeus no inoculado	Ninguna
5	Deorho inoculado	CIAT 632 Y CIAT 899
6	Deorho no inoculado	Ninguna
7	Carrizalito inoculado	CIAT 632 Y CIAT 899
8	Carrizalito no inoculado	Ninguna
9	Tio canela inoculado	CIAT 632 Y CIAT 899
10	Tio canela no inoculado	Ninguna

Factor A:

A₁= Variedad de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Paraisito mejorado

A₂= Variedad de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Amadeus

A₃= Variedad de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Deorho

A₄= Variedad de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Carrizalito

A₅= Variedad de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Tio canela

Factor B:

B₁= Inoculación de la semilla con la mezcla de las dos cepas (CIAT 632 y CIAT 899)

B₂= Sin inoculación de la semillas.

➤ **El modelo aditivo lineal es el siguiente:**

➤ **Siendo:**

$$Y_{ijk} = M + R_K + A_i + B_j + A_iB_j + E_{ijk}$$

Y_{ijk} = Variables observables en la i-ésima variedad, j-ésima cepa inoculada y k-esimo bloque.

M = Media general en cuanto a kilogramos/manzana.

R_K = Efecto del k-ésimo bloque.

A_i = Efecto de la i-ésima variedad

B_j = Efecto de la i-ésima inoculación o no inoculación

A_iB_j = Efecto de interacción de entre la i-ésima variedad y j-ésima cepa inoculada.

E_{ijk} = Efecto del error experimental

5.4. Variables a e

- Días a floración
- Número de nódulos totales (activos y muertos).
- Altura de la planta
- Promedio de granos por vaina.
- Promedio de vainas por planta.
- Peso de 100 granos
- Rendimiento en kilogramos por hectárea

5.4.1. Días a floración

Se contabilizaron los días a floración desde el día de la siembra hasta cuando el tratamiento alcanzó el 50% de la floración. Esta determinación se realizó mediante el conteo de las plantas que presentaron la primera flor abierta en cada unidad experimental.

5.4.2. Número de nódulos totales activos.

Se tomaron muestras de ocho plantas al azar de cada una de los tratamientos; en cada una de las repeticiones y se contabilizaran la cantidad de nódulos activos y muertos, representándolos en promedios por cada tratamiento. Esta actividad se realizó al momento que entró a floración (etapa R6) del cultivo ya que es la etapa de mayor fijación de nitrógeno por parte de la planta.

5.4.3. Altura de la planta

La altura de la planta determinó mediante la medición en centímetros desde el pie de la planta hasta el vértice más alto.

5.4.4. Promedio de granos por vaina.

Se tomaron 10 plantas al azar de cada tratamiento y se obtuvo un promedio de granos por vaina contabilizando el número de granos totales divididos entre el total de vainas muestreadas.

5.7.5. Promedio de vainas por planta

Se tomaron 10 plantas, realizando un muestreo al azar seguidamente, se contabilizaron el número de vainas totales divididas entre el número de plantas muestreadas.

5.7.6. Rendimiento $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

El rendimiento se determinó mediante la cosecha total del área útil de cada unidad experimental en cada uno de los bloques (repeticiones) para lo cual se contaron las plantas cosechadas y se proyectaron los resultados de acuerdo a cada unidad experimental, se realizaron las pruebas de humedad de campo y se determinaron los rendimientos por hectárea para cada uno de los tratamientos evaluados mediante la fórmula:

$$\text{Kg/ha} = \frac{\text{peso de campo} \times 10000 \text{ m}^2}{\text{Área útil}} \times \frac{100 - \%hc}{100 - \%hd}$$

HC: humedad de campo.

HD: humedad de almacenamiento.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Variables Agronómicas

6.1.1. Altura de plantas en cm

Como se observa en el **cuadro 4** se presentan los promedios para la variable altura de plantas a los 15, 30 y 45 dds, días a floración y número total de nódulos activos. Según los resultados obtenidos se mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) sólo en la variable número total de nódulos activos para la inoculación (factor B).

En cambio para las variedades (factor A) se encuentran diferencias significativas para las variables altura de planta a los 15 dds ($P < 0.01$) siendo Paraisito inoculado la media más alta con 14.49 cm de altura y Amadeus no inoculado con 11.83 cm de altura siendo esta la media más baja y a los 45 dds ($P < 0.05$) siendo la variedad Carrizalito con la media más alta con 45.03 cm de altura y la variedad Amadeus inoculado con la media más baja de 40.79 cm de altura excepción de la altura de plantas a los 30 dds que no presenta diferencia significativa ($P > 0.05$), para las variables número total de nódulos activos y días a floración se mostraron diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

Cuadro 4. Alturas de plantas realizando para ello tres mediciones a los 15, 30, 45 días después de la siembra, días a floración y número total de nódulos activos (interacción variedad * inoculación, variedad “**Factor A**” e inoculación “**Factor B**”).

N	Tratamiento	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Días a floración	# De Nódulos
1	Amadeus inoculado	12.97	23.22	40.79	35 AB	5.54 B
2	amadeus no inoculado	11.83	24.69	41.1	34.67 B	4.75 B
3	Carrizalito inoculado	13.26	24.25	44.09	38.33 AB	23.59 A
4	Carrizalito no inoculado	14.05	26.19	45.03	38.67 A	12.54 AB
5	Deorho inoculado	12.23	25.71	44.57	37.33 AB	8.79 B
6	Deorho no inoculado	11.57	25.98	44.55	37.67 AB	8.42 B
7	Paraisito inoculado	14.49	27.07	43.51	36 AB	13.25 AB
8	Paraisito no inoculado	14.44	25.45	43.05	36.67 AB	8.54 B
9	Tio canela inoculado	12.15	25.11	41.26	37.33 AB	8.3 B
10	Tio canela no inoculado	11.9	24.81	42.94	37 AB	5 B
	MEDIA	12.8896	25.2489	43.0893	36.8667	9.8732

N	Tratamiento	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Días a floración	# De Nódulos
1	Amadeus	12.4 B	23.96	40.94 B	34.83 A	5.15 B
2	Carrizalito	13.65 AB	24.96	44.56 A	38.5 B	18.07 A
3	Deorho	11.9 B	25.22	55.56 A	37.5 B	8.61 B
4	Paraisito	14.47 A	25.85	43.28 AB	36.33 AB	10.90 AB
5	Tio Canela	12.03 B	26.26	42.1 AB	37.17 B	6.65 B

N	Tratamiento	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Días a floración	# De Nódulos
1	Inoculación	13.02	25.07	42.84	36.8	11.87 A
2	No inoculación	12.76	25.43	43.33	36.93	8.07 B

Bloque	*	NS	NS	NS	NS
Variedades	**	NS	*	**	**
Inoculación	NS	NS	NS	NS	*
Variedades * Inoculación	NS	NS	NS	NS	NS
R2	0.642	0.29	0.555	0.62	0.661
CV (%)	9	8	4	4	50

NS= No significativo,

*= Significativo,

**= Altamente significativo,

CV= Coeficiente de variación,

R²= Coeficiente de determinación

Tratamientos con letras similares no son estadísticamente diferentes.

Como se observa en el **cuadro 4** no se observa diferencia estadística significativa con respecto a la inoculación entre las distintas fuentes de nitrógeno proporcionadas a la planta de frijol en cuanto a su altura a excepción la variable número de nódulos totales. En cambio las diferencias estadísticas significativas para el factor A (variedades) corresponden al comportamiento agronómico y fisiológico que cada uivariedad posee y no se presentaron diferencias estadísticas significativas en la interacción entre los dos factores: variedades y sin o con inoculación (inoculación)

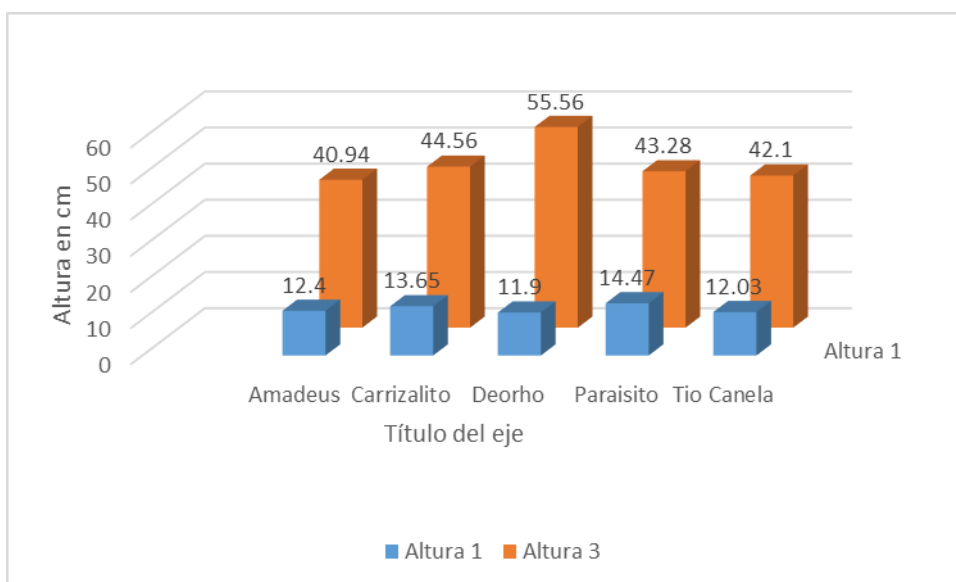


Figura 1. Alturas de plantas entre variedades (**Factor A**)

Se observa la variable altura de planta, se ven las diferencias de las medias de altura existentes entre las cada una de los tratamientos (variedades inoculadas y no inoculadas Con las cepas de rhizobium) en cada una de las tres mediciones realizadas.

La altura o crecimiento de una planta es el resultado de optimos procesos de fotosíntesis, respiración del medio ambiente, buen manejo agronómico del cultivo influyendo directamente de esta manera en la morfología y fisiología de las plantas. Cuando a los cultivos se le proporcionan todas la condiciones optimas para su desarrollo y produccion estos expresan todo su potencial genetico aunque hay cultivares que no responden de la misma forma en ciertas condiciones ya que cada genotipo de frijol requiere dieferentes condiciones para su mejor desempeño reflejandose este de manera dierecta en la producción.

Dentro de los principales microorganismos encargados de favorecer la nutrición del frijol están las bacterias del genero Rhizobium entre otros (Garcia, sf). En estudios realizados por Morazan (2007) reporta que la variedad deorho cuyo promedio de 35.7 cm de altura, siendo este los promedios mas bajos que los obtenidos en esta investigación ya que que posiblementee las condiciones presentadas en esta investigación fueron mas favorables.

6.1.2. Dias a floración

Como se observa en el **cuadro 4** no se presentó diferencia estadística significativa en cuanto a la inoculación (factor B) ($P 0.781 > 0.05$), la floración fue uniforme cuyo rango oscila entre 34.67-38.67 días después de la siembra. En cuanto a Las variedades (factor A) si hubo diferencia estadística altamente significativa ($P 0.002 < 0.05$). La variabilidad en los días a floración entre las diferentes variedades es debido a a que cada variedad tiene su propio genotipo y es por ello que cada una de ellas expresa su potencial genético en cuanto al carácter días a floración. En el análisis entre las variedades, mediante la prueba de medias de Tukey se

demostró que existe diferencia estadística significativa entre las variedades evaluadas, esto debido a que cada variedad tiene su comportamiento agronómico y fisiológico propio, siendo la variedad amadeus y paraisito (35 y 36 DDS) la que presentaron el comportamiento mas precóz en cuanto a esta variable sobre la variedad carrizalito cuya floración fue a los 38 DDS.

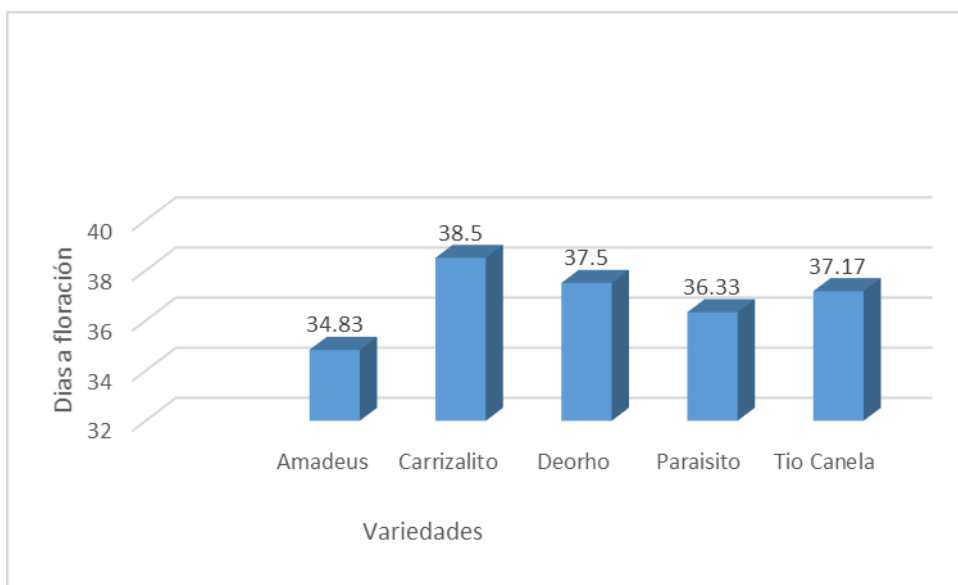


Figura 2. Dias a floración entre variedades (**Factor A**).

De acuerdo a los resultados obtenidos, en la **figura 3** se observa cada uno de los dias a floracion a los que alcanzó > del 50% de la floración (flores habiertas). El tratamiento mas precóz es amadeus inoculado a los 34.67 dias se dio la floración y con menos precocidad fue carrizalito inoculado cuyo tratamiento en cuanto a la floración se dió a los 38.67 dias. Los productores toman muy en cuenta los dias a floración de las variedades ya que la precocidad de las variedades sembradas se expone menos a situaciones adversas ya que producen en menor tiempo es por ello este un factor muy importante al mometo de seleccionar una variedad (Morazan, 2007).

Según Morazán (2007) la variedad de orho en cuanto a los días a floración fueron de 37.7 días siendo estos resultados similares obtenidos en esta investigación. La máxima fijación de nitrógeno ocurre al comienzo de la floración y llenado de vaina siendo esta una característica fisiológica propia de cada variedad de acuerdo a su genoma, en este periodo reproductivo. Según múltiples estudios realizados parece ser un componente principal cuando las plantas son inoculadas con *Rhizobium* para determinar el nivel de fijación de nitrógeno por la planta (Neves, 1986).

Los mayores valores de fijación de nitrógeno han sido reportados en inicio de la floración y al inicio de la formación de vainas ya que está relacionado con la distribución de nutrientes, siendo este un factor determinante al evaluar la fijación de nitrógeno en el suelo (Gonzales, 2014).

6.1.3. Número total de nódulos activos

La capacidad de nodular de las leguminosas se debe a la presencia de nódulos en el suelo o bien sea a la inoculación (ya sea a la semilla o al suelo), lo cual nos permite que las plantas en condiciones óptimas (edafoclimáticas, presencia de nutrientes en el suelo, especificidad genotipo-cepas) fijen la mayor cantidad de nitrógeno al suelo mediante la presencia de nódulos activos.

Según los resultados obtenidos en la investigación la cantidad de nódulos presentes en cada uno de los tratamientos evaluados se debe principalmente a la inoculación de la semilla antes de la siembra como también la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno en el suelo. Estas bacterias del género *Rhizobium* las cuales colonizaron las raíces de las plantas y realizaron el proceso de transformación del N_2 atmosférico a nitrógeno asimilable por la planta en forma de amonio y nitratos. La cantidad de nódulos activos determina la eficiencia en la fijación

biológica de nitrógeno cuya característica principal es el color rosado y por ubicarse cerca de la raíz principal.

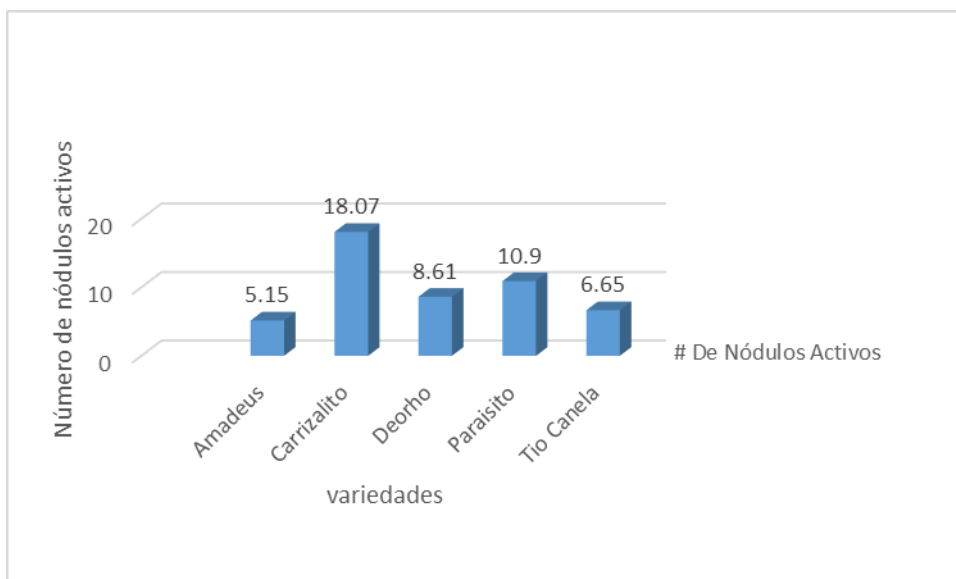


Figura 3. Numero de nódulos activos entre variedades (**Factor A**).

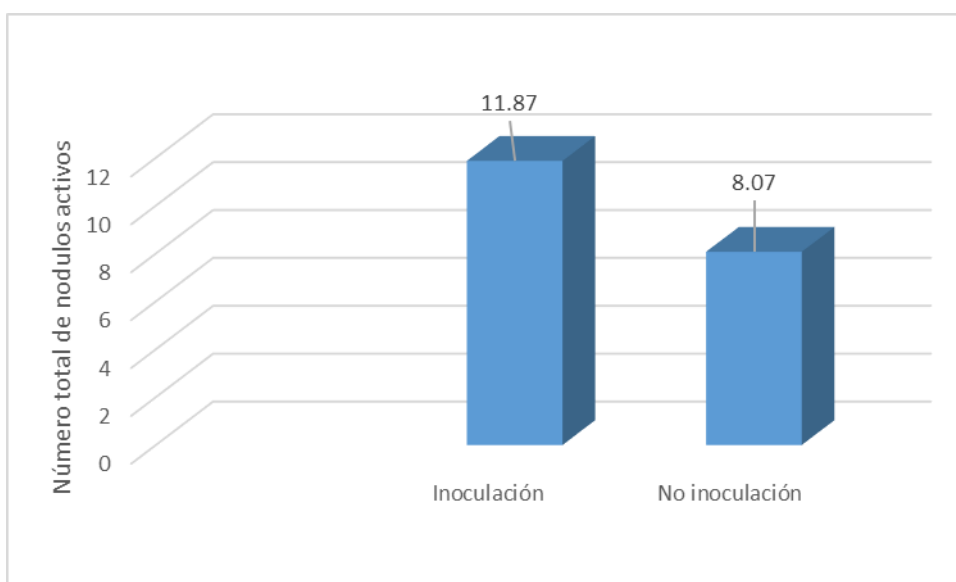


Figura 4. Numero de nódulos activos en la inoculación (**Factor B**).

Para la variable nódulos activos según el análisis estadístico hubo diferencia estadística significativa ($P\ 0.038 < 0.05$) de acuerdo a la aplicación de inoculantes y a la no inoculación de las variedades evaluadas. De acuerdo a los resultados obtenidos para esta variable en cuanto a los tratamientos evaluados se presentó diferencia estadística altamente significativa ($P\ 0.002 < 0.005$) esto debido a la capacidad infectiva de las cepas utilizadas en la investigación.

Tomando en cuenta el tratamiento testigo para cada una de la variedades inoculadas se observa en la **figura 4** con respecto a los nódulos activos, se evidencia la capacidad infectiva y efectiva de las cepas utilizadas en la inoculación de la variedades, determinando de esta manera la especificidad existente con cada uno de los genotipos de frijol evaluados. Los rangos de nodulación oscilaron entre 4.75 y 23.59 nódulos activos.

Según el análisis de prueba de tukey entre las variedades si hubo diferencia estadística significativa siendo las variedades amadeus, tio canela, deorho paraisito (5, 7, 8 y 11 nódulos activos) las que presentaron las medias mas bajas de nódulos activos sobre la variedad carrizalito cuya media es de 18 nodulos activos la cual presentó los mejores niveles de nodulación

Los nódulos analizados mostraron su actividad en la fijación biológica de nitrógeno presentando como característica principal apariencia rojiza la cual está inntimamente relacionada con la fijación de N_2 atmosférico en los mismos por la actividad de la leghemoglobina. Según los resultados obtenidos en la investigación se determino que la variedad carrizalito es la que mejor se comportó en cuanto a la cantidad de nódulos activo esto demuestra la especificidad existente con las cepas utilizadas con una media de 23.59 nódulos activo. La variedad que con menos capacidad infectiva y de especificidad baja fue amadeus obteniendo una media de 5.54 nódulos activos

Cuadro 5. Variables de rendimiento (interacción variedad * inoculación , variedad “**Factor A**” e inoculación “**Factor B**”).

N	Tratamiento	# de vainas por plantas	# de granos por vaina	Pesos de 100 granos	Rendimiento en kg/ha
1	Amadeus inoculado	11.93	5.2	17.33	1925.57
2	Amadeus no inoculado	11.23	4.87	22	1692.56
3	Carrizalito inoculado	12.43	4.4	24	1363.28
4	Carrizalito no inoculado	16.67	4.63	20.67	1761.56
5	Deorho inoculado	12.27	5.23	20	1556.75
6	Deorho no inoculado	13.23	5.13	21.33	1642.32
7	Paraisito inoculado	14.03	4.47	24	1485.83
8	Paraisito no inoculado	14.07	4.5	22	1451.19
9	Tio canela inoculado	16.3	4.93	20	1565.71
10	Tio canela no inoculado	17.77	4.97	18	2538.79
	MEDIA	13.9933	4.8333	20.9333	1698.3569

N	Tratamiento	# de vainas por plantas	# de granos por vaina	Pesos de 100 granos	Rendimiento en kg/ha
1	Amadeus	11.58 B	5.0333 AB	19.67	1809.07
2	Carrizalito	14.55 AB	4.5167 B	22.33	1562.42
3	Deorho	12.75 AB	5.1833 A	20.67	1599.54
4	Paraisito	14.05 AB	4.4833 B	23	1468.51
5	Tio Canela	17.03 A	4.95 AB	19	2052.25

N	Tratamiento	# de vainas por plantas	# de granos por vaina	Pesos de 100 granos	Rendimiento en kg/ha
1	Inoculación	13.39	4.85	21.07	1817.29
2	No inoculación	14.59	4.82	20.8	1579.42

Bloque	NS	NS	NS	NS
Variedades	*	*	NS	NS
Inoculación	NS	NS	NS	NS
Interacción	NS	NS	NS	NS
R2	0.498	0.542	0.456	0.56
CV (%)	20	8	14	25

NS= No significativo,

*= Significativo,

**= Altamente significativo,

CV=Coeficiente de variación,

R²= Coeficiente de determinación

Tratamientos con letras similares no son estadísticamente diferentes.

6.2.1. Vainas de planta

El número de vainas por planta relacionada intimamente con el rendimiento. Según el análisis estadístico ($P = 0.256 > 0.05$) en cuanto a la inoculación no presento diferencia estadística significativa siendo en promedio de vainas por planta de 13.9933 vainas por planta. En cambio entre las diferentes variedades utilizadas en la investigación si hubo diferencia estadística significativa ($P = 0.036 < 0.05$) esto se debe a que cada una de las variedades presentan variaciones influenciadas por el ambiente y por su mismo genotipo.

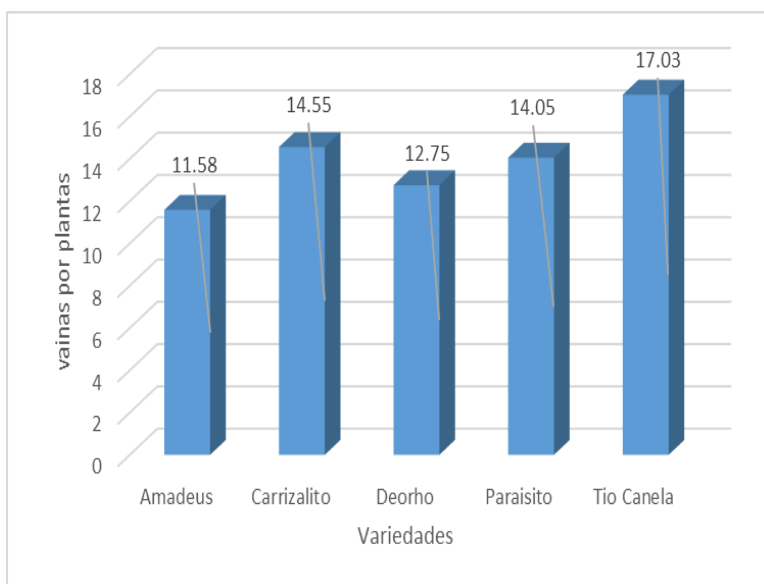


Figura 5. Numero de vainas por planta entre las variedades (**Factor A**)

Los resultados son bajos en comparación con los potenciales de cada variedad producto de altas temperaturas al momento de la floración; manifestándose un aborto de flores. La variedad que presentó el mejor promedio fue Carrizalito seguida de Paraisito y la que tuvo los rendimientos en cuanto a este carácter fue Amadeus.

Las altas temperaturas aumentan la evapotranspiración durante la floración induciendo el aborto de las flores y por consiguiente un pobre número de vainas por planta afectando directamente los rendimientos del cultivo (Westcott 1971). El número de vainas por planta es un carácter cuantitativo y difiere entre variedades por ser poligenético, razón por la cual es modificado por el ambiente. (White 1985). El número de vainas por planta es uno de los caracteres que se encuentra íntimamente relacionado con el rendimiento, además es una característica importante en el rendimiento siendo este carácter el que se encuentra ligado por factores genéticos-ambientales (Eisner, 1992).

Según Megia (2014) reporta que la fuente de nitrógeno según los resultados obtenidos en su investigación no fueron significativas para las variables vainas por planta, granos por vaina, rendimiento agrícola, siendo estos resultados similares a esta investigación.

6.2.2. Granos por vaina

Según los datos obtenidos en el análisis de varianza efectuado no hay diferencia estadística significativa ($P\ 0.848 > 0.05$) en cuanto a la inoculación. En cambio si hubo diferencia estadística significativa entre las variedades ($P\ 0.014 < 0.05$), lo que afirma la diferencia estadística significativa entre las variedades.

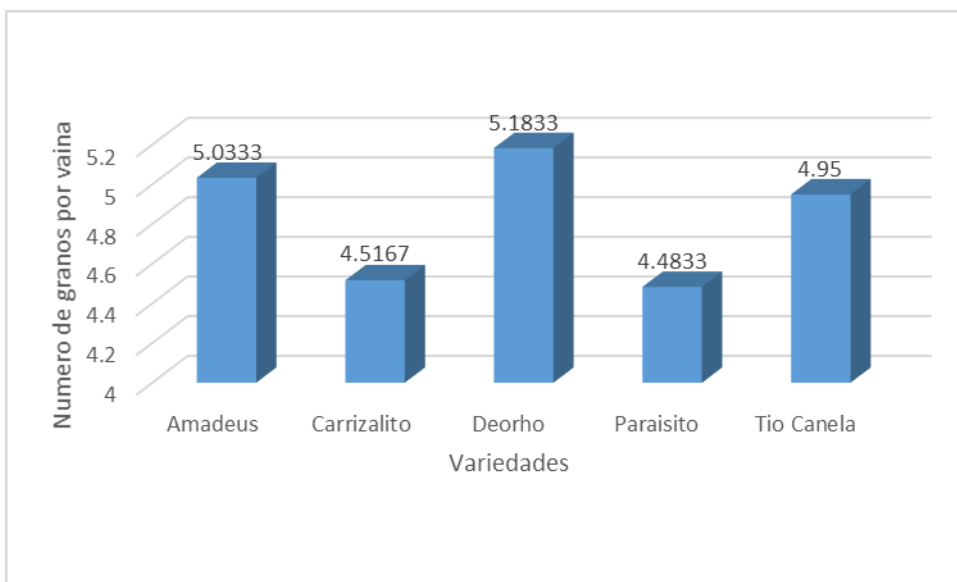


Figura 6. Promedio de granos por vainas entre las variedades (**Factor A**).

Esta es una variable que está relacionada directamente con el rendimiento y está determinada por las características genéticas propias de cada variedad, lo cual varía poco con las condiciones ambientales prevalentes en cada región (Tapia, 1981).

6.2.3. Peso de 100 granos

Según los datos obtenidos del análisis de varianza ($P\ 0.809 > 0.05$) se determinó que no hay diferencia estadística significativa en cuanto a la inoculación (factor B) así como también para las variedades (factor A) no hay diferencia estadística significativa ($P\ 0.143 > 0.05$). Según las medias de cada tratamiento, en cuanto al peso de 100 granos los promedios más altos son atribuidos a Carrizalito y Paraisito inoculado cuyos pesos fueron de 24 gramos y la variedad con el promedio más bajo fue Amadeus inoculado con 17.3 gramos.

El peso del grano está determinado por el tamaño, que a su vez por el largo, grueso y densidad del grano siendo este un componente importante en el rendimiento del cultivo. La planta cuando alcanza la fase reproductiva, el peso del grano es condicionado por el traslado de los nutrientes de la planta al grano durante la fase vegetativa de la planta (Bidwel 1979).

6.2.4. Rendimiento (kg.ha^{-1})

Según los datos obtenidos del análisis de varianza con un nivel de significancia del 5% se determina que no hay diferencia estadística significativa ($P\ 0.156 > 0.05$) en cuanto a las variedades y en cuanto a la inoculación, se determinó que no hay diferencia estadística significativa ($P\ 0.135 > 0.05$). El tratamiento que obtuvo el mayor rendimiento fue Tio canela no inoculado con una media de $2578.39\ \text{kg.ha}^{-1}$ seguido de Amadeus inoculado con una media de $1925.57\ \text{kg ha}^{-1}$ y el tratamiento con los rendimientos mas bajos fue el Amadeus inoculado con una media de $1363.28\ \text{kg ha}^{-1}$.

Los principales componentes que determinan el rendimiento del cultivo de frijol son: vainas por planta, granos por vaina y peso de 100 granos (Rodriguez, 2015). Como se observa en la figura la la diferencia en cada uno de los tratamientos.

El rendimiento determina la eficiencia con que las plantas hacen uso de los recursos existentes en el medio y del potencial genético que estas tengan. La formación del rendimiento tiene lugar a lo largo de todo el período de crecimiento y desarrollo, desde la emergencia de la planta hasta la formación del último órgano y bajo la influencia de los factores edafoclimáticas. En el rendimiento se refleja la efectividad del manejo agronómico al cultivo antes de su establecimiento y a lo largo de su ciclo (Zapata y Orozco, 1991).

VII. CONCLUSIONES

El comportamiento agronómico de los tratamientos que fueron inoculados con la mezcla de cepas de rhizobium CIAT 632 (*R. etli*) y CIAT 899 (*R. tropici*) no presentaron los resultados esperados en las variables evaluadas a excepción de la variable número total de nódulos activos, sin embargo las diferencias significativas se deben a las variedades y no a la inoculación de la semilla ya que también no se presentó efecto significativo de interacción.

Las variedades Carrizalito inoculado seguido de Paraisito inoculado (24 y 13 nódulos/planta) mostraron resultados favorables para dicha variable en la que se presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) tanto por efecto de variedades como a la inoculación, esto se debe a la capacidad infectiva y la especificidad existente entre la variedad-cepa de rhizobium, en cambio, la formación de nódulos en el tratamiento no inoculado fué causada por el rizobio presente en el suelo en el que se desarrolló el estudio, sin embargo las diferencias significativas para la variable altura de planta a los 15, 45dds y días a floración se le atribuye a las características varietales.

En cuanto a los componentes de rendimiento no se presentaron los resultados esperados atribuidos a la inoculación excepción de vainas por planta y granos por vaina en la que se presentaron diferencias significativas, esto se le atribuye a las características propias de cada variedad y no a la interacción entre las variedades y mezcla de las cepas de *Rhizobium*.

VIII. RECOMENDACIONES

Realizar estudios similares en otras regiones del país en las épocas de siembra de cada región con las variedades sobresalientes en este estudio para determinar en qué condiciones y en qué épocas de producción resultan ser más efectivas e infectivas las cepas usadas en los procesos de inoculación.

Realizar estudios similares con variedades criollas y recolectar cepas de cada región del país ya que estas se encuentran más adaptadas a las condiciones edafoclimáticas.

De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda utilizar los genotipos con alta nodulación (Carrizalito y paraisito) ya que es una alternativa económica y ecológicamente viable en la producción de frijol como también en la rotación con demás cultivos.

Aislar cepas con alta capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico de las diferentes zonas del país para favorecer la efectividad e infectividad con los genotipos criollos ya que la inoculación es una opción natural, que no contamina el ambiente y favorece la conservación del suelo asegurando de esta manera rendimientos de los cultivos económica y ecológicamente rentables.

BIBLIOGRAFIA

DICTA (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria), SAG(Secretaria De Agricultura Y Ganaderia), 2011. Cultivo Del Frijol. Tegucigalpa (En línea). Consultado el 3 de julio del 2015. Disponible en: <http://www.dicta.hn/files/Guia-cultivo-de-frijol-2011.pdf>

Escoto, N.D. 2011. El Cultivo Del Frijol. (En línea) 1-6 p. Consultado 23 de julio 2015. Disponible en: <http://www.dicta.hn/files/Guia-cultivo-de-frijol-2011>.

Garcia, M.G. sf. Uso de biofertilizantes en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en suelos arenosos (en línea). Consultado el 20 de junio 2015. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos55/biofertilizante-frijol-suelo-arenoso/biofertilizante-frijol-suelo-arenoso.shtml>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Proyecto Red de Innovación Agrícola (RED SICTA) En línea). Consultado el 24 de julio del 2015. Disponible en <http://www.observatorioredsicta.info/sites/default/files/filesinventariotec/cardenal.pdf>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Proyecto Red de Innovación Agrícola (RED SICTA). 2004 (En línea). Consultado el 24 de julio del 2015. Disponible en <http://www.observatorioredsicta.info/sites/default/files/filesinventariotec/carrizalito.pdf>

Lardizabal, R, Arias, S, Segura, R. 2013. Manual De Producción De Frijol. (En Línea). Consultado El 4 De Julio 2015. Disponible En: file:///C:/Users/USER/Downloads/Manual-Frijol-ACCESO.pdf

Martinez de Meza, EC. 1982. Efecto comparado d la inoculación de dos cepas nativas y dos introducidas de rhizobium en dos variedades de frijol comun (*Phaseolus vulgaris*). Tesis ing. Agr. La Ceiba, Honduras. Centro Universitario Regional Del Litoral Atlántico .

Megia, E. A. 2014. Respuesta de dos cepas de rhizobium (etli y tropici) y un fertilizante química la fijación de nitrógeno inoculadas en variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Tesis Ing. Agr. UNA Catacamas Olancho, HN.

Morazan Nuñez,H.J. 20007. Validación de variedades de frijol común (***Phaseolus vulgaris***), Cardenal y Deorho, en la zona central del departamento de el paraíso. Tesis Ing. Agr. Catacamas, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura

Paredes, M. C. 2013. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas (en línea). Consultado el 3 de jul. 2015. Disponible en: <http://bibliotecadigital-uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijacion-biologica-nitrogeno-leguminosas>.

Secretaría De Agricultura Y Ganadería ,Dirección De Ciencia Y Tecnología Agropecuaria. 2004. Manual Técnico Para Uso De Empresas Privadas, Consultores Individuales Y Productores (En línea). Tegucigalpa, Hn, cosultado 3 de jul. 2015. Disponible en: <http://www.dicta.hn/files/Guia-cultivo-de-frijol-2011>.

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

Valentinetti, S. 2012. Estudio de la aceptación de la variedad mejorada de frijol común Amadeus 77 (En línea). Consultado el 07 de Jul. 2015. Disponible en: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1052/1/T3306>.

Villeda, V. 2015. En día de campo Productores aprueban nueva variedad de frijol paraíso mejorado (En línea). Consultado el 5 de Jul. 2015. Disponible en: <http://www.dicta.hn/files/002--Gobierno-dispone-nueva-variedad-de-frijol-al-gusto-de-los-hondure--os>.

Voysest, V. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris*) (En línea). Consultado el 3 de julio 2015. Disponible en: file:///C:/Users/USER/Downloads/Mejoramiento_genetico_del_frijol.

Voyssset, V.O. 1983. Variedades De Frijol En América Latina • Y Su Origen (En Línea). Consultado 2 de julio 2015. Disponible en: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/54318/SB327.V67_Variedades_de_fr%C3%ADjol_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_su_origen.pdf?sequence

.

ANEXOS

Anexo 2. ANAVA para la variable altura de planta a los 15 DDS.

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	44.557 ^b	11	4.051	2.941	0.021
Repetición	10.694	2	5.347	3.882	0.04
Tratamiento	30.252	4	7.563	5.491	0.005
Inoculación	0.51	1	0.51	0.37	0.551
Trat * Inoc	3.101	4	0.775	0.563	0.693
Total	69.351	29			

Anexo 3. ANAVA para la variable altura de plantas a los 30 DDS.

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	33.346 ^c	11	3.031	0.67	0.749
Repetición	1.46	2	0.73	0.161	0.852
Tratamiento	18.843	4	4.711	1.04	0.414
Inoculación	0.94	1	0.94	0.208	0.654
Trat * Inoc	12.102	4	3.026	0.668	0.622
Error	81.501	18	4.528		
Total	114.846	29			

Anexo 4. ANAVA para la variable altura de plantas a los 45 DDS.

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	78.871 ^d	11	7.17	2.038	0.087
Repetición	13.085	2	6.543	1.86	0.184
Tratamiento	59.71	4	14.928	4.244	0.014
Inoculación	1.806	1	1.806	0.513	0.483
Trat * Inoc	4.27	4	1.067	0.303	0.872
Error	63.314	18	3.517		
Total	142.185	29			

Anexo 5. ANAVA de la variable días a floración

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	49.267 ^e	11	4.479	2.669	0.031
Repetición	2.467	2	1.233	0.735	0.493
Tratamiento	45.467	4	11.367	6.775	0.002
Inoculación	0.133	1	0.133	0.079	0.781
Trat * Inoc	1.2	4	0.3	0.179	0.946
Error	30.2	18	1.678		
Total	79.467	29			

Anexo 6. ANAVA para la variable Número Total De Nódulos Activos

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	856.026 ^f	11	77.821	3.192	0.014
Repetición	7.53	2	3.765	0.154	0.858
Tratamiento	614.869	4	153.717	6.306	0.002
Inoculación	122.574	1	122.574	5.028	0.038
Trat * Inoc	111.053	4	27.763	1.139	0.37
Error	438.779	18	24.377		
Total	1294.805	29			

Anexo 7. ANAVA para la variable vainas por planta.

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	140.099 ^g	11	12.736	1.623	0.174
Repetición	6.401	2	3.2	0.408	0.671
Tratamiento	101.452	4	25.363	3.233	0.036
Inoculación	10.8	1	10.8	1.377	0.256
Trat * Inoc	21.447	4	5.362	0.683	0.613
Error	141.219	18	7.846		
Total	281.319	29			

Anexo 8. ANAVA para la variable granos por vaina

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	3.015 ^h	11	0.274	1.933	0.103
Repetición	0.355	2	0.177	1.251	0.31
Tratamiento	2.393	4	0.598	4.22	0.014
Inoculación	0.005	1	0.005	0.038	0.848
Trat * Inoc	0.261	4	0.065	0.461	0.764
Error	2.552	18	0.142		
Total	5.567	29			

Anexo 9. ANAVA para la variable peso de 100 granos.

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo corregido	134.133 ⁱ	11	12.194	1.374	0.265
Repetición	0.267	2	0.133	0.015	0.985
Tratamiento	69.867	4	17.467	1.968	0.143
Inoculación	0.533	1	0.533	0.06	0.809
Trat * Inoc	63.467	4	15.867	1.788	0.175
Total	13440	30			
Total corregido	293.867	29			

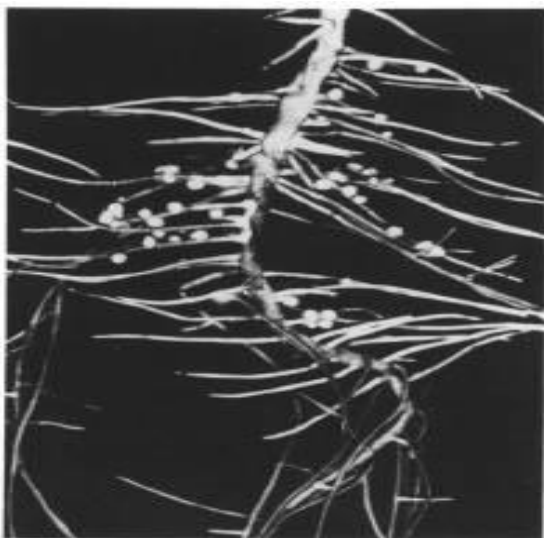
Anexo 10. ANAVA para la variable de rendimiento en KgHa⁻¹.

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	3972912.210 ^a	11	361173.837	2.079	0.081
Repetición	908996.266	2	454498.133	2.617	0.101
Variedades	1311415.6	4	327853.901	1.888	0.156
Inoculación	424318.454	1	424318.454	2.443	0.135
Trat * Inoc	1328181.89	4	332045.472	1.912	0.152
Error	3126394.93	18	173688.607		
Total	7099307.14	29			

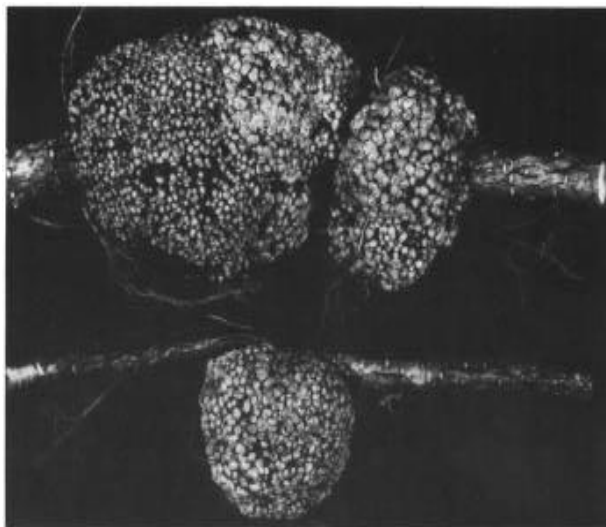
Anexo 11. Croquis de campo



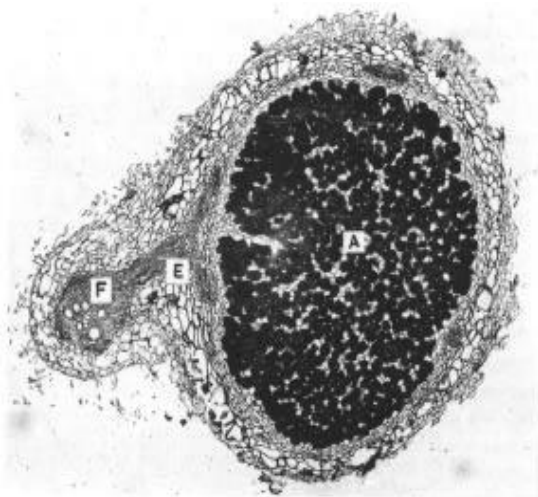
Anexo 12. Características del rhizobium observables



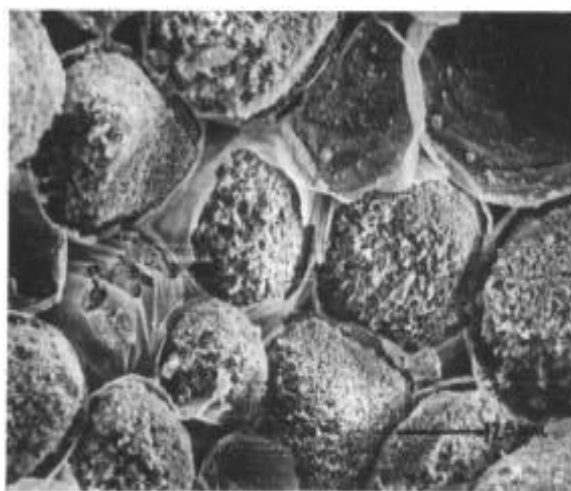
Raíces mostrando nódulos conteniendo rizobios fijadores de nitrógeno



Raíces de en material de campo mostrando nódulos un microorganismo fijador de N_2

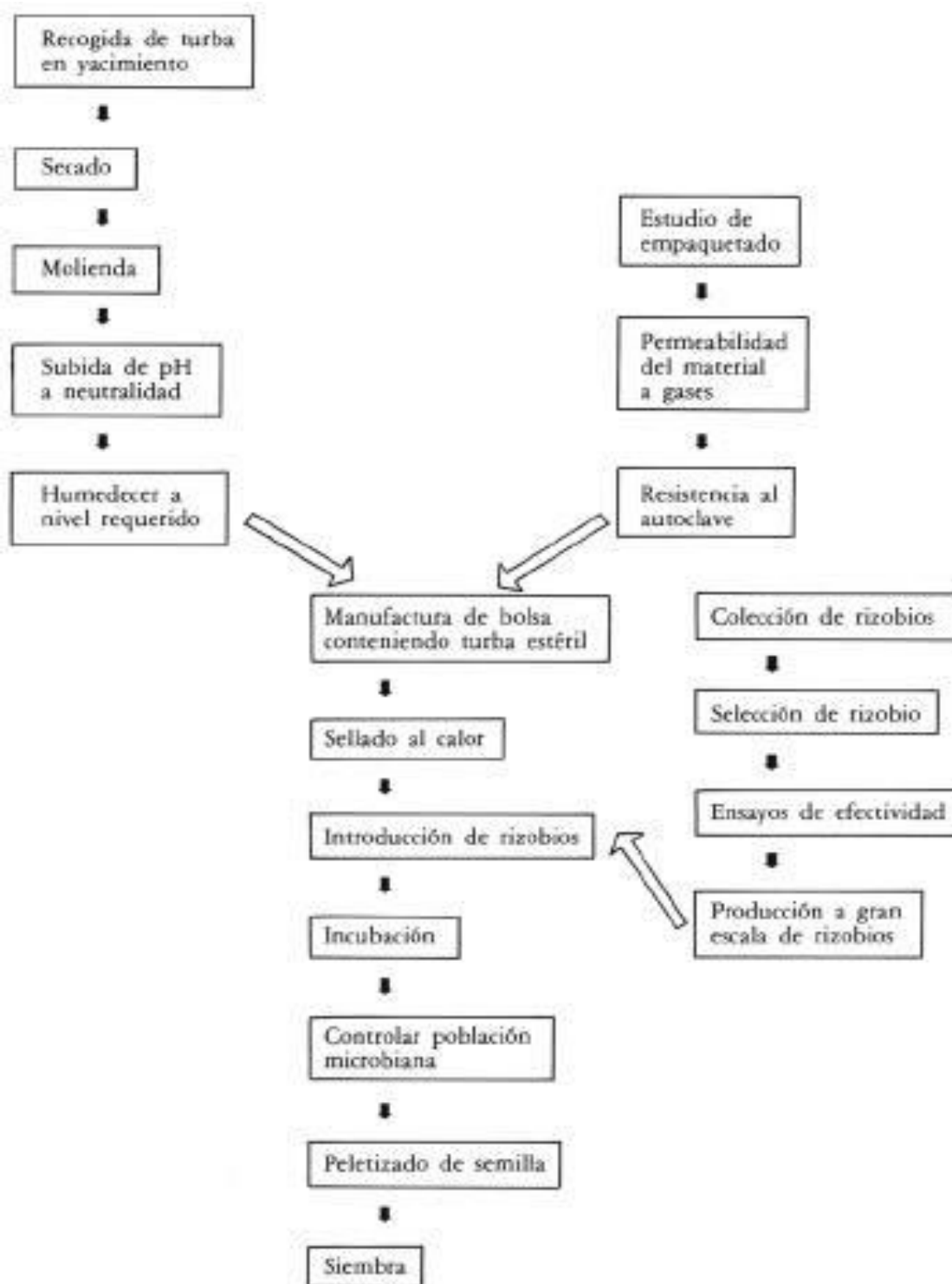


Corte de un nódulo en sección transversal: F, raíz de la planta; E, conexión de raíz con nódulo; A, zona conteniendo numerosas Células llenas de rizobium



La zona A de la figura anterior vista al microscopio electrónico mostrando masas de rhizobium.

Anexo 13. Preparación de inoculante bacteriano para semilla de leguminosas.



Anexo 14. Prueba de germinación.

Variedades	Repeticion 1 (Semillas)		Repeticion 2 (Semillas)		Repeticion 3 (Semillas)		Sub-total		Total	% de germinación
	Germinadas	No germinadas	Germinadas	No germinadas	Germinadas	No germinadas	Germinadas	No germinadas		
Tio canela	86	12	94	6	95	5	275	23	298	92.28
Deorho	98	2	98	1	98	2	294	5	299	98.33
Paraisito mejorado	98	1	100		98	1	296	2	298	99.33
Amadeus	90	9	90	10	88	12	268	31	299	89.63
Carrizalito	100		98	2	95	5	293	7	300	97.67
PROMEDIO										95