

**Diferencias en nodulación y desarrollo de  
líneas avanzadas de frijol común (*Phaseolus  
vulgaris* L.) en suelos deficientes en nitrógeno**

**Jason Alberto Rizo Gonzalez  
Johan Orlando Gaibor Guizado**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

# **Diferencias en nodulación y desarrollo de líneas avanzadas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelos deficientes en nitrógeno**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Jason Alberto Rizo Gonzalez**  
**Johan Orlando Gaibor Guizado**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2015

# **Diferencias en nodulación y desarrollo de líneas avanzadas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelos deficientes en nitrógeno**

Presentado por:

Jason Alberto Rizo Gonzalez  
Johan Orlando Gaibor Guizado

Aprobado:

---

Juan Carlos Rosas, Ph.D.  
Asesor Principal

---

John Jairo Hincapié, Ph.D.  
Director  
Departamento de Ciencia y  
Producción Agropecuaria

---

Daniel Valle, Ing. Agr.  
Asesor

---

Raúl H. Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

## **Diferencias en nodulación y desarrollo de líneas avanzadas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelos deficientes en nitrógeno**

**Jason Alberto Rizo Gonzalez  
Johan Orlando Gaibor Guizado**

**Resumen:** El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo de importancia económica por su valiosa contribución de proteínas en la dieta de la mayoría de habitantes en países de África y América Latina. Posee la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al asociarse con bacterias del género *Rhizobium*, lo que le permite adaptarse a suelos con bajo contenido de este nutrimento. El objetivo del presente estudio fue evaluar 25 genotipos de frijol común, incluyendo 23 líneas avanzadas y dos testigos, Amadeus 77 (mejorado) y Seda (criollo), en condiciones de bajo contenido de nitrógeno, a través de tres ensayos. El primer ensayo consistió en la evaluación en campo en La Vega 5, Zamorano, en un suelo de bajo contenido de materia orgánica y N total, limitantes frecuentemente presentes en fincas de pequeños productores de frijol en Centro América. El segundo ensayo se realizó en casa malla, utilizando un sistema de canaletas con un medio inerte de arena gruesa con el objetivo de evaluar la nodulación temprana (velocidad de nodulación) de las 25 líneas de frijol inoculadas con las cepas CIAT 632 (*R. tropici*) y CIAT 899 (*R. etli*). El último ensayo se realizó en bancales o camas de 1.2 m ancho x 20 m largo con un sustrato suelo: arena (1:1) bajo en M.O. y N total, con el fin de evaluar la nodulación y producción de biomasa bajo estas condiciones. En los ensayos se midieron además de la nodulación, los pesos secos de follaje, vainas y semillas, y los índices de partición de vainas (IPV) y de cosecha (IC). Se encontraron diferencias en rendimiento, IPV, IC y peso seco de 100 semillas por efectos de genotipos en el ensayo de campo; efecto de cepas de *Rhizobium* en la nodulación en el ensayo de canaletas en casa de malla; y diferencias en peso seco de nódulos de los genotipos de frijol en los bancales.

**Palabras clave:** Fijación biológica de nitrógeno, índice de cosecha, índice de partición de vainas, nodulación.

**Differences in nodulation and development of advance lines of common bean  
(*Phaseolus vulgaris* L.) in nitrogen deficient soils**

**Jason Alberto Rizo Gonzalez  
Johan Orlando Gaibor Guizado**

**Abstract:** Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an economically important crop due to its valuable contribution of protein in diets of the majority of the population in countries of Africa and Latin America. It has the capacity to fix atmospheric nitrogen (N), in association with bacteria of the genre *Rhizobium*, which allows it to adapt to soils with low concentration of N. The objective of the study was to evaluate 25 genotypes of common bean, including 23 advanced lines and 2 checks, Amadeus 77 (improved) and Seda (native), in conditions with low content of N, through three trials. The first one consisted in the field evaluation in La Vega 5, Zamorano, under soils with low content of organic matter and total N, these are frequent limitations experienced for small farmers in Central Amrica. The second trial was conducted in a greenhouse, utilizing PVC gutters with sterilized gross sand as substrate, with the objective to evaluate the nodulation capacity (velocity) in the 25 lines of beans inoculated with *Rhizobium* strain CIAT 632 (*R. tropici*) and CIAT 899 (*R. etli*). The last trial was conducted in terraces of 1.2 m width x 20 m length, using soil: sand (1:1) low in M. O. and total N as substrate, with the objective to evaluate nodulation and biomass production under such conditions. In the trials were evaluated, besides nodulation, the dry weigh of biomass, pods and crops, and indexes of pod partitioning (PPI) and harvest (HI). There were found difference on yield (kg/ha), PPI, IH, and nodule dry weight (NDW) due to effect of genotype in the field trail; effect of *Rhizobium* strain in nodulation in the greenhouse trail, and differences in NDW of the genotypes of bean in terraces.

**Key words:** Biological nitrogen fixation, harvest index, pod partitioning index, nodulation.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>14</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>15</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>16</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURA

Cuadros		Página
1.	Líneas de frijol tolerantes a baja fertilidad incluidas en el estudio.....	3
2.	Valores de probabilidad de los efectos simples de tratamientos de inoculación con <i>Rhizobium</i> y genotipos de frijol y de la interacción <i>Rhizobium</i> x Genotipo en el índice de partición de vainas (IPV) en la etapa de llenado de vainas (R8) y del índice de cosecha (IC), peso seco de 100 semillas (PSC) y rendimiento (kg/ha) a la madurez de cosecha del ensayo de campo conducido en un suelo de bajo contenido de nitrógeno. La Vega 5, Zamorano Honduras, 2015.....	8
3.	Efecto simple de genotipo en el rendimiento (kg/ha), índice de partición de vainas (IPV), índice de cosecha (IC) y peso seco de 100 semillas (PSC) de las 25 líneas de frijol en el ensayo de campo conducido en un suelo de bajo contenido de nitrógeno. La Vega 5, Zamorano Honduras, 2015...	9
4.	Efectos de cepas de <i>Rhizobium</i> y genotipos de frijol, y de la interacción Cepa x Genotipo en la nodulación temprana de 25 genotipos inoculados con las cepas CIAT 632 y CIAT 899 de <i>Rhizobium</i> en el sistema de canaletas con arena. La Vega 5, Zamorano Honduras, 2015.....	10
5.	Efecto de cepas de <i>Rhizobium</i> CIAT 632 ( <i>R. etli</i> ) y CIAT 899 ( <i>R. tropici</i> ) en la nodulación temprana (escala 1 a 9) de 25 líneas de frijol en el sistema de canaletas con medio inerte de arena gruesa. La Vega 5, Zamorano Honduras, 2015.....	11
6.	Evaluación de nodulación (escala 1-9) y pesos secos de follaje (PSF) y nódulos (PSN) a los 35 días después de la siembra de 25 líneas de frijol en bancales con suelo: arena (1:1) de bajo contenido de nitrógeno. La Vega 5, Zamorano Honduras, 2015.....	13

1.	Escala de nodulación (1-9): <b>1</b> = <10 nódulos, pequeños; <b>3</b> = 10-20 nódulos, pequeños-medianos; <b>5</b> = 10-20 nódulos medianos-grandes; <b>7</b> = 20-40 nódulos grandes; <b>9</b> = >40 nódulos grandes (Racancoj 2013, Rosas 2015).....	6
----	---	---

## 1. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa de grano para consumo humano directo más importante en las Américas, África y Asia (Gepts 2001). En países con bajo ingreso per cápita, representa una fuente de proteína accesible para la dieta de zonas rurales y urbanas (Rosas 2000). Además, éste cultivo tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, gracias a la simbiosis que realiza con bacterias de la familia *Rhizobium* (Bliss 1993), convirtiéndose así en un cultivo de importancia económica para nuestra sociedad.

En Honduras, la producción de frijol para el año 2013 fue de 103,843 ton, con un rendimiento promedio de 817 kg/ha (FAOSTAT 2015). Esta producción se encuentra principalmente en manos de pequeños productores en zonas de ladera con suelos de baja fertilidad, y prácticas culturales que limitan la expresión del potencial genético de las variedades mejoradas que utilizan. Es importante desarrollar variedades tolerantes a factores abióticos, como baja fertilidad y sequía, para hacer frente a la baja productividad experimentada por estos agricultores de subsistencia (Rosas 2001).

Un rendimiento satisfactorio en frijol oscila alrededor de 2000 kg/ha, y para ello se requiere unos 80 kg de nitrógeno (N), considerando granos con 20 % de proteína más gasto en biomasa aérea de la planta (Bliss 1993). Este cultivo presenta una amplia variabilidad genética en cuanto a su potencial para la fijación biológica de nitrógeno (FBN) (Rosas *et al.* 1987). Por tal razón, es necesario seleccionar variedades con mayor capacidad fijadora de N, que permitirán aumentar la capacidad productiva que en promedio es alcanzada actualmente.

La FBN está a cargo de diazótrofos, procariotas capaces de fijar N a través de la enzima nitrogenasa que convierte N atmosférico (N<sub>2</sub>) en amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (Sylvia *et al.* 2004). Este es uno de los procesos biológicos más caros en la naturaleza, pue se necesitan 16 ATP para fijar 1 molécula de N<sub>2</sub> (Simpson y Burris 1984). La nitrogenasa contiene el cofactor Mo-Fe, el Mo se encarga de reducir Nitrato a Nitrito para finalmente obtener amonio, en suelos deficientes de Mo, el costo energético de este proceso es muy alto.

La bacteria *Rhizobium* es capaz de infectar a la planta a través de los pelos radicales para formar nódulos donde se fija el N. Además, esta bacteria es saprófita, por ello crece en ambientes con buen manejo de agua y alta materia orgánica (Rao *et al.* 1987).

El frijol común puede ser infectado y formar nódulos efectivos con varias especies de *Rhizobium*, incluyendo *R. etli*, *R. tropici* y *R. leguminosarum*, entre otros (Graham y Vance 2003).

El objetivo del presente estudio fúe evaluar la adaptación de líneas avanzadas de frijol común bajo condiciones de suelo con deficiencia de nitrógeno, utilizando una inoculación compuesta por la mezcla de dos cepas de *Rhizobium* (*R. tropici* y *R. etli*). La evaluación consistirá en evaluaciones fenotípicas de la respuesta a la inoculación mediante mediciones de la nodulación y producción de biomasa a la floración, en la etapa de desarrollo (R6), el índice de partición de vainas en la etapa de llenado de vainas (R8), y en el índice de cosecha y rendimiento per se de las plantas en madurez de cosecha.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, ubicada en el Valle del Yegüare, departamento Francisco Morazán, Honduras, a una altura de 800 msnm y con una temperatura y precipitación promedio anual de 26°C y 1100 mm (distribuidos de mayo a octubre), respectivamente

En el estudio se utilizaron 25 líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), 23 seleccionadas en previos ensayos por su tolerancia a condiciones de baja fertilidad, resistencia a enfermedades y rendimiento; y las líneas Amadeus 77 y Seda como testigos mejorado y criollo, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Líneas de frijol tolerantes a baja fertilidad incluidas en el estudio.

No.	Línea	Procedencia (ensayo PIF)
1	SIN 526	BASE 2014- Vega 4
2	BFS 101	
3	SER 125	
4	SEN 56	
5	BFS 112	
6	LFR-1	
7	SEF 14	BASE 2014-Vega 5
8	SEN 46	
9	MHN 322-49	Small black 2014
10	MEN 2201-64 ML	
11	B2056	
12	BIOF 4-70	
13	BRT 943-20	
14	SMR 121	Small Red- CIAT 2014
15	SEF 40	
16	SMR 97	
17	SCR 23	
18	SCR 38	
19	MER 2212-28	Small Red- EAP 2014
20	BIOF 2-106	
21	BRT 103-182	
22	EAP 9508-93	
23	SX 14825-7-1	
24	Amadeus 77	Testigo mejorado rojo
25	Seda	Testigo criollo rojo

El estudio consta de 3 ensayos, el primero se evaluó en el Lote La Vega 5, Zamorano, para lograr evaluación en campo. El segundo se realizó en casa malla para evaluar velocidad de nodulación con dos cepas de *Rhizobium*, y el tercero se sembró en bancales para tener condiciones de campo más controladas. A continuación se presenta la metodología utilizada en cada ensayo.

### **Ensayo 1. Evaluación de 25 líneas de frijol en condiciones de campo en un suelo con baja fertilidad de nitrógeno.**

El ensayo de campo se sembró en el lote La Vega 5 de Zamorano, el día 14 de mayo de 2015, utilizando camas de 1.5 m de ancho y 2.5 m de largo con hileras dobles de siembra a 40 cm entre ellas y 10 cm entre plantas (50 plantas/cama). Los tratamientos (25 líneas de frijol) estuvieron distribuidos en un diseño de bloques completos al azar (BCA) con cinco repeticiones. Se condujeron parcelas con y sin inoculación con *Rhizobium*, utilizando un inoculante mezcla de las cepas CIAT 632 y 899, aplicado a la semilla previo a la siembra.

La Vega 5 posee un suelo deficiente en N total (0.10 g/100g) (Anexo 1). No se aplicó fertilización para mantener condiciones de baja fertilidad sobre todo en cuanto al N. Para el control químico de malezas se utilizó el herbicida glifosato (Roundup Max<sup>®</sup>) antes de la siembra, Fusilade<sup>®</sup> para el control de gramíneas y Flex<sup>®</sup> para hojas anchas en pos-emergencia, y posteriormente control mecánico con azadón. Se hicieron controles de plagas y enfermedades hasta el llenado de vainas (R8). El ensayo recibió riego por aspersión para complementar su requerimiento hídrico para un total de 300 mm de agua durante el ciclo. La toma de datos se realizó en tres etapas de desarrollo: floración (R6), llenado de vaina (R8), madurez fisiológica y madurez de cosecha. Las variables evaluadas fueron:

- Nodulación. En la etapa R6 (floración) se muestrearon 5 plantas por cama, separando la parte aérea de las raíces cortando el tallo al ras del suelo y removiendo las raíces con ayuda de una pala para extraer las raíces y los nódulos intactos. Luego se lavaron las raíces y se procedió a la evaluación con la escala de nodulación 1-9 (1= <10 nódulos pequeños; 9= >40 nódulos grandes) (Racancoj 2013, Rosas 2015) (Figura 1).

- Índice de partición de vainas (IPV). En la etapa de llenado de vainas (R8) se muestrearon 5 plantas por parcela mediante un corte al ras del suelo, y luego se separó el follaje de las vainas. Las muestras se secaron al horno a 70°C x 72 horas, y se determinó los pesos secos de vainas (PSV) y de follaje (PSF), para luego estimar el índice de partición de vainas ( $IPV=PSV/(PSF+PSV)$ ).

- Índice de cosecha (IC). A la madurez de cosecha (75 DDS) se cosecharon las vainas de 10 plantas por parcela. Estas fueron secadas al horno a 70°C x 72 horas para obtener el PSV y el peso seco de semillas (PSS), y para determinar el índice de cosecha ( $IC=PSS/(PSV+PSS)$ ).

- Peso seco de 100 semillas (PSC). Usando la semilla cosechada se determinó el peso seco de 100 semillas al 14% humedad. Este es un indicador del tamaño de la semilla.

- Rendimiento (kg/ha). Esta dato se obtuvo con base en el rendimiento de 10 plantas por unidad experimental; el rendimiento es expresado en kg/ha con semilla a una humedad del 14%, y calculado a partir de una densidad poblacional de 142,857 plantas/ha.

## **Ensayo 2. Evaluación de la nodulación temprana en 25 líneas de frijol inoculadas con las cepas de *Rhizobium* CIAT 632 y CIAT 899.**

Las líneas de frijol fueron sembradas en casa malla utilizando canaletas de PVC de 90 cm largo x 20 cm de ancho, conteniendo un sustrato inerte de arena gruesa esterilizada en autoclave a 120°C x 20 minutos. La siembra se hizo con semilla pre-germinada en platos Petri con agar en oscuridad completa por dos días, utilizando doble hilera por canaleta con 5cm de distancia entre semillas. Los tratamientos (25 líneas de frijol) estuvieron distribuidos en un diseño de bloques completos al azar (BCA) con 2 repeticiones.

La inoculación se realizó a los 2 y 4 días después de la siembra (DDS) con inoculantes individuales de las cepas de *Rhizobium* CIAT 632 y CIAT 899. A los 12 DDS se realizó la evaluación de la nodulación, para ello se cortó el tallo de la planta al ras del sustrato y seguidamente se removieron las raíces con ayuda de una paleta. El número y tamaño de los nódulos se evaluó según la escala 1-9 (Racancoj 2013, Rosas 2015) (Figura 1)

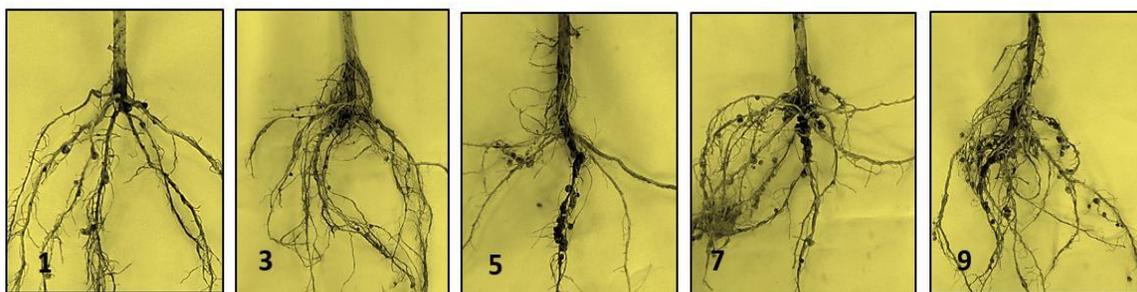


Figura 1. Escala de nodulación (1-9): 1= <10 nódulos, pequeños; 3= 10-20 nódulos, pequeños-medianos; 5= 10-20 nódulos medianos-grandes; 7= 20-40 nódulos grandes; 9= >40 nódulos grandes (Racancoj 2013, Rosas 2015).

### **Ensayo 3. Evaluación de la nodulación y rendimiento en camas o bancales con suelo: arena (1:1)**

La siembra de las 25 líneas de frijol se realizó en bancales de 1.2 m de ancho por 20 m de largo, conteniendo un sustrato suelo: arena (1:1) bajo en materia orgánica (0.06 %) y N total (0.10%) (Anexo 2), utilizando distanciamientos entre surcos de 50 cm y 10 cm entre plantas. Se utilizó un diseño de bloques distribuidos completamente al azar con dos repeticiones.

A los 35 DDS se cosecharon 5 plantas por unidad experimental, cortando el tallo al ras del suelo y removiendo las raíces con ayuda de una pala para coleccionar las raíces con los nódulos intactos. Luego se lavaron las raíces para evaluar la nodulación con la escala 1-9 (Racancoj 2013, Rosas 2015) (fig. 1). A continuación, se separaron los nódulos para ser secados al horno a 70°C x 48 horas y así determinar el peso seco de nódulos (PSN). El follaje se picó y se colocó en bolsas de papel para ser secado al horno a 70°C x 48 horas, y así determinar el peso seco de follaje (PSF).

**Análisis estadístico:** Los resultados de los ensayos fueron analizados con el programa Statistix® 8.1. Se utilizó el modelo general lineal (GLM) para el análisis de varianza (ANDEVA), y la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para la separación de medias. El grado de significancia mínimo para determinar diferencias entre tratamientos fue del 5% ( $P < 0.05$ ).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **Ensayo 1. Evaluación de 25 líneas de frijol en condiciones de campo en un suelo con baja fertilidad de nitrógeno.**

Se evaluaron 25 líneas de frijol, incluyendo dos testigos, uno criollo y otro mejorado, con el fin de identificar las líneas con mejor crecimiento, desarrollo y productividad en condiciones de baja fertilidad de nitrógeno en el suelo. Las líneas fueron evaluadas bajo dos tratamientos, con y sin inoculación, de una mezcla con dos cepas de *Rhizobium* (CIAT 632 y CIAT 899). No se presentaron diferencias significativas para el efecto simple de los tratamientos de inoculación con *Rhizobium*, ni de la interacción *Rhizobium* x Genotipo en el índice de partición de vainas (IPV) en la etapa de llenado de vainas, y en el índice de cosecha (IC), peso seco de 100 semillas (PSC) y rendimiento (kg/ha) a la madurez de cosecha (Cuadro 2).

Las diferencias entre genotipos en IPV, IC, PSC y rendimiento fueron altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ).

Rendimiento: En el tratamiento no inoculado, la línea SIN 526, al igual que el testigo mejorado Amadeus 77, presentaron el rendimiento más alto con 2726 kg/ha; mientras que la línea BIOF 2-106 obtuvo el menor rendimiento con 1258 kg/ha. Al inocular las variedades, BFS 112 y SEF 40 alcanzaron el mayor rendimiento con 2742 kg/ha y BIOF 4-70, con 18 kg/ha, obtuvo el menor rendimiento ( $P < 0.05$ ). El rendimiento promedio fue de 1832 kg/ha al inocular y 1942 sin inoculación.

Índice de partición de vainas (IPV): En ambos tratamientos, con y sin inocular, las variedades SEF 14 y SIN 526 presentaron los IPV mayores. De igual manera, EAP 9508-93 mostró el menor IPV con 0.30 y 0.31 para con y sin inoculación, con una media de 0.47 y 0.48, respectivamente.

Índice de cosecha (IC): En el tratamiento sin inocular se presentó una media de 0.77, siendo la variedad SIN 526 la que presentó el mayor IC (1.14) junto al testigo mejorado Amadeus 77 (1.13). BRT 943-20 y SEN 46 fueron las variedades con menor IC (1.02 y 1.01, respectivamente).

Por otro lado, en las variedades inoculadas, BFS 112 dominó la IC con un valor de 0.80; mientras que SEN 56 obtuvo el menor IC (0.72) junto al testigo criollo Seda (0.6842)

Peso de 100 semillas (PCS): El PCS obtuvo una media de 22 g para ambos tratamientos, con y sin inoculación. Las variedades BSF 112 y SEF 40 son las líneas superiores en ambos tratamientos. Por otro lado, las variedades BIOF 4-70 y B2056 presentaron, igualmente, el menor PCS en ambos tratamientos. En adición, se observó que los testigos Amadeus 77 (mejorado) y Seda (criollo) obtuvieron valores intermedios entre las líneas en el ensayo.

Cuadro 2. Valores de probabilidad de los efectos simples de tratamientos de inoculación con *Rhizobium* y genotipos de frijol y de la interacción *Rhizobium* x Genotipo en el índice de partición de vainas (IPV) en la etapa de llenado de vainas (R8) y del índice de cosecha (IC), peso seco de 100 semillas (PSC) y rendimiento (kg/ha) a la madurez de cosecha del ensayo de campo conducido en un suelo de bajo contenido de nitrógeno. La Vega 5, Zamorano, Honduras, 2015.

Fuentes de Variación	Valores de Probabilidad (P)			
	IPV	IC	PCS	Rendimiento
<i>Rhizobium</i>	0.25 <sup>ns</sup>	0.76 <sup>ns</sup>	0.54 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>
Genotipo	0.00 <sup>**</sup>	0.00 <sup>**</sup>	0.00 <sup>**</sup>	0.01 <sup>**</sup>
<i>Rhizobium</i> x Genotipo	0.92 <sup>ns</sup>	0.45 <sup>ns</sup>	0.70 <sup>ns</sup>	0.57 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup> no significativo y altamente significativo (P<0.01), respectivamente.

Cuadro 3. Efecto simple de genotipo en el rendimiento (kg/ha), índice de partición de vainas (IPV), índice de cosecha (IC) y peso seco de 100 semillas (PSC) de las 25 líneas de frijol en el ensayo de campo conducido en un suelo de bajo contenido de nitrógeno. La Vega 5, Zamorano, Honduras, 2015.

<b>Genotipo</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>IPV</b>	<b>IC</b>	<b>PCS</b>
Amadeus 77	2554 A	0.61 A	0.78 ABCDE	24 EFG
BFS 101	2438 AB	0.6 AB	0.79 ABC	26 CD
Seda	2313 ABC	0.57 AB	0.73 HI	18 O
SIN 526	2265 ABCD	0.56 BC	0.79 AB	27 AB
BRT 943-20	2154 ABCDE	0.52 CD	0.72 I	18 O
BIOF 4-70	2093 ABCDEF	0.5 DE	0.74 GHI	19 NO
BFS 112	2078 ABCDEF	0.5 DEF	0.8 A	28 A
SMR 121	2039 ABCDEF	0.5 DEF	0.75 EFGHI	20 MN
SCR 38	1961 BCDEF	0.49 DEFG	0.79 ABC	26 BC
BRT 103-18	1908 BCDEF	0.49 DEFG	0.77 ABCDEF	23 GHI
B2056	1892 BCDEF	0.49 DEFG	0.76 DEFGH	20 LM
SEF 40	1867 BCDEFG	0.49 DEFG	0.76 CDEFG	22 JK
SMR 97	1812 CDEFG	0.48 EFGH	0.77 ABCDEFG	22 IJK
SEN 56	1789 CDEFG	0.47 EFGHI	0.74 GHI	18 NO
SEF 14	1784 CDEFG	0.46 FGHIJ	0.78 ABCDE	24 FG
BIOF 2-106	1761 CDEFG	0.45 GHIJK	0.78 ABCD	25 CDE
EAP 9508-9	1747 CDEFG	0.44 HIJK	0.74 FGHI	19 NO
SEN 46	1699 DEFG	0.44 HIJK	0.78 ABCDE	24 DEF
LFR-1	1676 EFG	0.44 HIJK	0.76 DEFGH	20 LM
MER 2212-2	1664 EFG	0.44 HIJK	0.77 ABCDEF	22 HIJ
SCR 23	1657 EFG	0.43 IJK	0.78 ABCDE	25 DEF
MHN 322-49	1610 EFG	0.43 IJK	0.76 CDEFGH	21 KL
MEN 2201-6	1597 EFG	0.42 JK	0.76 BCDEFG	22 JK
SER 125	1516 FG	0.41 K	0.77 ABCDEF	22 IJ
SX 14825-7	1307 G	0.31 L	0.78 ABCDE	24 FGH
Promedio	1942	0.48	0.76	22.5
Probabilidad	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**

\*\* Altamente significativo (P<0.01).

## Ensayo 2. Evaluación de la nodulación temprana en líneas de frijol inoculadas con las cepas *Rhizobium* CIAT 632 y CIAT 899 en canaletas

Se evaluó a los 12 DDS, el número y tamaño de los nódulos según la escala de 1-9 (Racancoj 2013, Rosas 2015) (Figura 1). En el tratamiento inoculado con la cepa CIAT 632, el genotipo BIOF 2-106 presentó la media superior con un valor de 7 en la escala de nodulación (Figura 1) con diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ). Los genotipos SCR 38 y SEF 40 presentaron un valor inferior de 5 en la escala de nodulación, y los 22 genotipos se agrupan en una media intermedia.

En el tratamiento inoculado con la cepa CIAT 889, el genotipo SEN 56 fue superior al resto ( $P \leq 0.05$ ). Los genotipos MER 2212-28 y SCR 23 presentaron un valor inferior en la escala de nodulación, en relación a las 25 líneas evaluadas.

Cuadro 4. Efectos de cepas de *Rhizobium* y genotipos de frijol, y de la interacción Cepa x Genotipo en la nodulación temprana de 25 genotipos inoculados con las cepas CIAT 632 y CIAT 899 de *Rhizobium* en el sistema de canaletas con arena. Zamorano, Honduras, 2015.

Fuente de Variación	Nodulación (1-9)
Cepas <i>Rhizobium</i>	0.01**
Genotipo	0.63 <sup>ns</sup>
<i>Rhizobium</i> x Genotipo	0.85 <sup>ns</sup>

<sup>ns, \*\*</sup> no significativo y altamente significativo ( $P < 0.01$ ).

Cuadro 5. Efecto de cepas de *Rhizobium* CIAT 632 (*R. etli*) y CIAT 899 (*R. tropici*) en la nodulación temprana (escala 1 a 9) de 25 líneas de frijol en el sistema de canaletas con medio inerte de arena gruesa. Zamorano, Honduras, 2015.

Líneas	CIAT 632	CIAT 899
B2056	5	5
BFS 101	6	5
BFS 112	6	5
BIOF 2-106	7	5
BIOF 4-70	6	4
BRT 103-182	5	4
BRT 943-20	6	4
EAP 9508-93	6	5
LFR-1	5	5
MEN 2201-64 ML	6	5
MER 2212-28	6	4
MHN 322-49	6	6
SCR 23	6	4
SCR 38	5	5
SEF 14	5	5
SEF 40	5	4
SEN 46	6	5
SEN 56	6	6
SER 125	6	6
SIN 526	6	5
SMR 121	6	4
SMR 97	7	5
SX 14825-7-1	6	5
Amadeus 77 (testigo mejorado)	6	6
Seda (testigo criollo)	5	5
<b>Efecto de cepas de <i>Rhizobium</i>:</b>		
Promedio cepas	6 A	5 B
Probabilidad		0.01**
CV (%)		17

\*\* Altamente significativo (P<0.01).

CV: Coeficiente de variabilidad.

### **Ensayo 3. Evaluación de la nodulación y rendimiento en camas o bancales con sustrato suelo: arena (1:1) bajo en nitrógeno**

Las variables analizadas fueron peso seco de biomasa (PSB), nodulación y peso seco de nódulos (PSN). Las 25 variedades fueron inoculadas con una mezcla de las cepas CIAT 632 y CIAT 899. Los datos fueron tomados a los 35 días DDS.

**Peso seco de biomasa (PSB):** El ensayo obtuvo una media de 24 con un coeficiente de variación de 26 y el modelo tuvo una significancia de 0.49. Los genotipos dominantes fueron SEN 56, SER 125 y BIOF 2-106. Mientras que MHN 322-49 obtuvo el menor PSB junto a la variedad criolla Amadeus 77.

**Nodulación:** Se utilizó la escala de nodulación desarrollada por (Racancoj 2013) y Rosas (2015) (Figura 1); esta asigna valores entre 1 a 9. La media del ensayo fue de 6.3 ( $P < 0.05$ ) con un coeficiente de variación de 20. Los genotipos BFS 112, SEN 56 y SER 125 fueron los dominantes junto al testigo criollo Seda. Igualmente, estas líneas fueron dominantes en el PSB. Por otro lado, los genotipos B2056, BIOF 4-70, BRT 103-182 y MHN 322-49 presentaron el menor valor de nodulación. Se observa que BRT 103-182 y MHN 322-49 también son inferiores en el PSB.

**Peso seco nódulos (PSN):** Los genotipos que obtuvieron mayor peso de nódulos secos fueron BFS 101, BFS 112 y SEN 56, junto a la variedad criolla Seda. BFS 112 y SEN 56 fueron dominantes en todas las variables evaluadas. En adición, los genotipos B2056 y MHN 322-49 obtuvieron los menores pesos de nódulos secos. El genotipo MHN 322-49 es el inferior en todo el ensayo.

Cuadro 6. Evaluación de nodulación (escala 1-9) y pesos secos de follaje (PSF) y nódulos (PSN) a los 35 días después de la siembra de 25 líneas de frijol en bancales con suelo: arena (1:1) de bajo contenido de nitrógeno. Zamorano, Honduras, 2015.

<b>Genotipos</b>	<b>Nodulación (1-9)</b>	<b>PSF (g/5 pl)</b>	<b>PSN (g/5 pl)</b>
BFS 101	7	29	1.11ABC
BFS 112	8	23	1.03ABC
SEN 56	7	32	0.95EFG
Seda	8	29	0.93EFG
SER 125	7	31	0.88EFG
SCR 38	5	26	0.70EFG
MER 2212-28	6	20	0.66DEFG
BIOF 2-106	7	30	0.65ABCD
EAP 9508-93	6	24	0.63CDEFG
LFR-1	7	25	0.62CDEFG
MEN 2201-64 ML	7	28	0.59CDEFG
SCR 23	6	25	0.56EFG
SMR 97	7	24	0.56G
SEF 40	6	30	0.50EFG
SEF 14	5	26	0.48EFG
SIN 526	6	23	0.48EFG
SEN 46	6	22	0.44EFG
BRT 943-20	5	18	0.43CDEFG
Amadeus 77	5	16	0.41A
SMR 121	6	23	0.39FG
BRT 103-182	5	19	0.35CDEF
SX 14825-7-1	6	30	0.35G
BIOF 4-70	5	20	0.30BCDE
B2056	5	23	0.29AB
MHN 322-49	5	16	0.27DEFG
Probabilidad	0.37 <sup>ns</sup>	0.50 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>**</sup>
CV (%)	19.6	25.6	30.4
DMS (P≤0.05)	12	6.2	0.2

<sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup> no significativo y altamente significativo (P<0.01).

CV: Coeficiente de variabilidad.

DMS: Diferencia mínima significativa.

#### 4. CONCLUSIONES

- En el ensayo de campo, sólo se presentaron diferencias significativas debidas a los efectos de genotipos en el índice de partición de vainas, índice de cosecha, peso seco de 100 semillas y rendimiento. No hubo efectos de la inoculación con *Rhizobium* ni de la interacción Inoculación *Rhizobium* x Genotipo.
- En el ensayo de las canaletas se presentaron diferencias en la nodulación temprana de los genotipos de frijol por efecto de las cepas de *Rhizobium*, siendo la mejor la CIAT 632 y en el ensayo de los bancales se encontraron diferencias entre los genotipos en el peso seco de los nódulos a la floración.
- Los resultados obtenidos sugieren la importancia de la nodulación (FBN) y la eficiencia fisiológica expresada por los índices de partición de vainas y de cosecha bajo condiciones de bajo N.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Conducir ensayos de campo en suelos bajos en N y con textura que faciliten el muestreo para las mediciones de nodulación.
- En ensayos en bancales evaluar la nodulación y PSF a la floración y el rendimiento a madurez de cosecha para determinar la adaptación de líneas de frijol a bajo N debidos a contribuciones de la nodulación y FBN y mayor eficiencia fisiológica (IPV e IC).
- Realizar estudios de respuesta a la inoculación de líneas de frijol con las cepas utilizadas y otras nuevas provenientes de aislamientos de nódulos colectados en zonas frijoleras.
- Continuar con validaciones en finca de las líneas superiores del estudio que posean otras características agronómicas y comerciales deseables.

## 6. LITERATURA CITADA

Bliss, F. 1993. Breeding common beans for improved biological nitrogen fixation. *Plant and Soil*. p 71-79.

FAOSTAT. 2015. Food and Agricultural Organization Statistical Page. Consultado 17 de octubre de 2015. Disponible en <http://faostat3.fao.org/home/S>

Gepts, P. 2001. *Phaseolus vulgaris* (Beans). Department of Agronomy and Range Science, University of California, Davis. California, USA. 17p.

Graham, P., C. Vance. 2003. Legumes: Importance and constraints to greater use - Update on legume utilization. *Plant Physiology*. 131p.

Racancoj, A. 2013. Desarrollo de un vivero diferencial para identificar interacciones de genotipos de frijol y cepas de *Rhizobium*. Proyecto especial, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 24p.

Rao, V., K. Jena, T. Adhya. 1987. Inoculation of rice with nitrogen-fixing bacteria - problems and perspectives. *Biology and Fertility of Soils*. p 21-26.

Rosas, J.C. 2015. Escala ilustrada 1-9 para la evaluación de la nodulación en frijol común. Programa de Investigaciones en Frijol, Zamorano, Honduras. p 1.

Rosas, J. C. 2001. Aplicación de metodologías participativas para el mejoramiento genético del frijol en Honduras. *Agronomía Mesoamericana*. p 219-228.

Rosas, J. C. 2000. Mejoramiento genético del frijol rojo y negro mesoamericano para Centroamérica y el Caribe. *Agronomía Mesoamericana*. p 37-46.

Rosas, J. C., J. Kipe-Nolt, R. Henson y F. Bliss. 1987. Estrategias de Mejoramiento para incrementar la capacidad de fijación biológica de nitrógeno del frijol común en América Latina. p 39-57.

Simpson, F. y R. Burris. 1984. A nitrogen pressure of 50 atmospheres does not prevent evolution of hydrogen by nitrogenase. *Science*, Oxford University. p 1095-1097.

Sylvia, D., J. Fuhrmann, J. Hartel, P. Zuberer. 2004. Principles and Applications of Soil Microbiology, 2da edición. Prentice Hall, New Jersey. p 3.