



“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

Uso de tres dosis del bioestimulante ROBUST®  
para el crecimiento radicular y foliar en el cultivo de  
frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en Santa Cruz, Estelí

#### Autores

**Br. Jade Auxiliadora Flores Obando**  
**Br. Mariela Suguey Avilés Segura**

#### Asesores

**MSc. Víctor Monzón Ruiz**  
**MSc. Arellys Centeno Zeledón**

**Managua, Nicaragua**  
**Marzo, 2022**



“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

Uso de tres dosis del bioestimulante ROBUST® para el crecimiento radicular y foliar en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en Santa Cruz, Estelí

#### Autores

**Br. Jade Auxiliadora Flores Obando**

**Br. Mariela Suguey Avilés Segura**

#### Asesores

**MSc. Víctor Monzón Ruiz**

**MSc. Arelys Centeno Zeledón**

Presentado a la consideración del honorable Comité Evaluador como requisito final para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua**

**Marzo, 2022**

## Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Comité Evaluador designado por la Decanatura de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

***Ingeniero Agrónomo***

---

Miembros del Comité Evaluador

---

Presidente (Grado académico y nombre)

Secretario (Grado académico y nombre)

Vocal (Grado académico y nombre)

---

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

## DEDICATORIA

Agradecer primero a Dios porque me ha otorgado el don de la vida, quien me ha guiado día a día para la realización de este proyecto profesional, por darme la salud y la bendición de alcanzar mis metas como persona y como profesional, debo decir que Dios nunca me dejó sola en este proceso a pesar de las adversidades ya que el tiempo de Dios es y siempre será perfecto.

A mis hijas quienes son y serán siempre el más grande regalo que haya podido recibir de parte de Dios, son mi más grande tesoro y además la fuente más pura de mi inspiración, por ello mismo quiero darles las gracias por cada día de mi ausencia en casa para ser dedicado al avance de este trabajo de culminación de estudios, ya que fueron horas de largos fines de semana en los que me apoyaron para asistir a cada una de las clases, siendo este un sacrificio para la felicidad en nuestras vidas, el cual muy indudablemente se ve reflejado en este momento. **Gracias Karla Daniela Ayala Flores y Jade, María Ayala Flores por ser la alegría de mi vida y el motor que siempre me ha impulsado a lograr mis metas**, gracias por estar siempre a mi lado.

A mi madre, por su gran amor, por su apoyo ilimitado e incondicional que siempre me ha dado para seguir adelante en todas las metas que me proponga, por haber sido el ejemplo de fortaleza sin importar los obstáculos dolorosos, por enseñarme que siempre se puede ser una mujer segura de tus capacidades, tus enseñanzas las aplico cada día; de verdad que tengo mucho por agradecerte gracias, Madre mía.

La realización de esta tesis la puedo describir con toda seguridad, que fue una de las mejores etapas de mi vida, aunque en muchos momentos se presentaron diversidad de complicaciones, el poder disfrutar del privilegio de desarrollar una tesis no tiene margen alguno de comparación, disfrutar y aprender de cada error, errores que a la larga solo se convirtieron en nuevas enseñanzas, porque a pesar de que mi padre no estuvo presente en este momento de mi vida para apoyarme en el desarrollo y la construcción de esta tesis, quiero darle gracias a Dios por aquellos consejos que aunque en ocasiones no son como muy acertados pero están presentes.

A la Universidad Nacional Agraria que nos abrió sus puertas para ser mejores personas y buenos profesionales, a cada uno de los docentes que fueron parte integral de este proceso.

Jade Auxiliadora Flores Obando

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años. A mi madre Damaris Segura C., por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional; a mi padre Mario Avilés C., a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento es tan especial para él como lo es para mí.

A mi familia, sobre todo a mi hijo Jorge Alberto, por estar siempre presente, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindó y me sigue brindando a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Mariela Suguey Avilés Segura

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a cada uno de los docentes de la Universidad Nacional Agraria (UNA), por haber tomado la elección de enseñar, darles gracias por haber decidido comunicar sus entendimientos, gracias por instruir con excelencia y disposición; por creer en la educación y el avance de la sociedad.

Agradecimiento muy especial al **MSc. Victor Monzón** tutor de nuestro proyecto de investigación, quien ha guiado con su paciencia, empeño y constancia, y a las personas que nos apoyaron con su valioso aporte para nuestra investigación.

Jade Auxiliadora Flores Obando

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres por ser los principales pilares y promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Gracias a mi hijo por ser la fuente de mi esfuerzo y todas las energías requeridas, gracias por ser el motor de mi vida, por entender que mediante el proceso de estudio y finalmente la elaboración de esta tesis, fue necesario realizar sacrificios como momentos a su lado, y otras situaciones que demandaban tiempo, tiempo que le pertenecía él.

Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Nacional Agraria (UNA), por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al **MSc. Victor Monzón** tutor de nuestro proyecto de investigación, quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente, y a las personas que nos apoyaron con su valioso aporte para nuestra investigación.

Mariela Sugey Avilés Segura

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>SECCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>DEDICATORIA</b>	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b>	iii
<b>AGRADECIMIENTO</b>	iv
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	vi
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	vii
<b>RESUMEN</b>	viii
<b>ABSTRACT</b>	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	4
3.1 El cultivo de frijol	4
3.1.1 Botánica del cultivo del frijol	4
3.1.2 Selección de semilla de frijol	5
3.2 Producto microbiológico: ROBUST® 9 WP (Aminoácidos + Rhizobacterias)	6
3.3 Bioestimulantes utilizados en el cultivo	6
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	8
4.1 Ubicación del estudio	8
4.2 Diseño experimental	8
4.2.1 Manejo agronómico	9
4.3 Tratamientos evaluados	9
4.4 Variables evaluadas	10
4.5 Recolección de datos	13
4.6 Análisis de datos	13
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	14
5.1 Porcentaje de germinación	14



5.2	Diámetro del tallo	15
5.3	Altura de la planta	16
5.4	Longitud de raíces	18
5.5	Nódulos radicales	19
5.6	Índice de esbeltez e índice de tallo – raíz	20
5.7	Índice de calidad de Dickson (ICD)	21
5.8	Rendimiento del frijol kg ha <sup>-1</sup>	22
5.9	Fitotoxicidad	24
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	25
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIÓN</b>	26
<b>VIII.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	27
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS</b>	30

---

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Dimensiones del área total del experimento	9
2	Descripción del producto ROBUST® 9 WP	10
3	Descripción de los tratamientos evaluados	10
4	Escala EWRS (European weed research system) para medir fitotoxicidad)	12

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Aparición de las plagas durante el ciclo del cultivo del frijol común	5
2	Ubicación geográfica del ensayo	8
3	Porcentaje de germinación de <i>P. vulgaris</i> a los 14, 21 y 28 dda en los diferentes tratamientos	15
4	Diámetro del tallo de <i>P. vulgaris</i> a los 14, 21 y 28 dda en los diferentes tratamientos	16
5	Altura del tallo de <i>P. vulgaris</i> a los 14, 21 y 28 dda en los diferentes tratamientos	17
6	Efecto de los tratamientos sobre longitud de raíces	18
7	Efecto de los tratamientos sobre número nódulos radicales	19
8	Efecto de los tratamientos en el índice de esbeltez e índice de tallo – raíz	21
9	Efecto de los tratamientos sobre índice de calidad de Dickson	22
10	Efecto de los tratamientos en el rendimiento kg ha <sup>-1</sup>	23

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Separación de media Tukey de los tratamientos en el porcentaje de germinación	30
2	Separación de media Tukey de los tratamientos en el diámetro del tallo	30
3	Separación de media Tukey de los tratamientos en la altura de la planta	30
4	Separación de media Tukey de los tratamientos en la longitud de raíces	31
5	Separación de media Tukey de los tratamientos en el número de nódulos radicales	31
6	Separación de media Tukey de los tratamientos en el índice de esbeltez e índice tallo – raíz	31
7	Separación de media Tukey de los tratamientos en el índice de calidad de Dickson	32
8	Separación de media Tukey de los tratamientos en el rendimiento kg ha <sup>-1</sup>	32

## RESUMEN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L), se cultiva en todo el territorio nacional a diferentes escalas, se han aumentado las áreas cosechadas, sin embargo los rendimientos no han variado mucho en los últimos años, esto se debe principalmente a las deficiencias de fertilizantes, por tanto el propósito de esta investigación es evaluar la efectividad del inoculante biológico ROBUST® 9 WP (Aminoácidos + Rhizobacterias  $0.3 \times 10^9$  células viables/g), en el cultivo de frijol en la comunidad Santa Cruz, Estelí. Se utilizó semillas de frijol cultivar INTA Rojo, la aplicación de los tratamientos fue de forma directa a la semilla al momento de la siembra, mediante el método de la bolsa, el cual simula a una mezcladora de tratamiento para semilla. Los tratamientos evaluados fueron tres dosis de ROBUST® 9 WP (600 g/100 kg semilla, 800 g/100 kg semilla y 1000 g/100 kg semilla) y un testigo sin aplicación. Los tratamientos se confinaron en un bloque completos al azar (BCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Como variables se evaluaron porcentaje de germinación, diámetro de tallo, altura de la planta, longitud de raíces, número de nódulos radicales y rendimiento kg ha<sup>-1</sup>, asimismo los índices de calidad de planta (índice de esbeltez, índice de tallo raíz e índice de calidad de Dickson), se evaluó la fitotoxicidad mediante la escala EWRS. Los datos fueron analizados en INFOSTAT versión profesional mediante ANDEVA y separación de Tukey ( $p < 0.05$ ). Los resultados obtenidos con la aplicación de ROBUST® 9 WP a dosis de 600 g/100 kg semilla, 800 g/100 kg semilla y 1000 g/100kg semilla, mejora parámetros de crecimiento vegetativo como: porcentaje de germinación, diámetro de tallo, altura de la planta, longitud de raíces, número de nódulos radicales, así como en el rendimiento kg ha<sup>-1</sup>. Adicionalmente, ROBUST® 9 WP a dosis de 600 g/100 kg semilla, 800 g/100 kg semilla y 1000 g/100 kg semilla, muestra plantas con mejores índices de esbeltez, relación tallo raíz y calidad de Dickson. ROBUST® 9 WP no muestra síntomas de fitotoxicidad, comprobándose de esta manera su seguridad para el uso en el cultivo de frijol.

**Palabras clave:** Índice de esbeltez, índice tallo – raíz, índice calidad Dickson, nódulos

## ABSTRACT

Beans (*Phaseolus vulgaris* L) are cultivated in almost the entire national territory at different scales, the harvested areas have increased, however the yields have not varied much in recent years, this is mainly due to fertilization deficiencies, Therefore, the purpose of this research is to evaluate the effectiveness of the biological inoculant ROBUST® 9 WP (Amino Acids + Rhizobacteria 0.3 x 10<sup>9</sup> viable cells/g), in bean cultivation in the community of Santa Cruz, Estelí. Seeds of INTA Red bean cultivar were used, the application of the treatments was directly to the seed at the time of sowing, by means of the bag method, which emulates a seed treatment mixer. The evaluated treatments were three doses of ROBUST® 9 WP (600 g/100 kg seed, 800 g/100 kg seed and 1000 g/100 kg seed) and a control without application (check). Treatments were confined to a BCA with four treatments and four replicates. Establishment percentage, stem diameter, height, root length, number of root nodules, yield kg ha<sup>-1</sup>, as well as plant quality indices (slenderness index, root stem index and quality index) were evaluated as variables. Dickson), phytotoxicity was evaluated using the EWRS scale. The data were analyzed in INFOSTAT professional version using an ANDEVA and Tukey separation (p <0.05). The results obtained with the application of ROBUST® 9 WP at doses of 600 g/100 kg seed, 800 g/100 kg seed and 1000 g/100kg seed, improves vegetative growth parameters such as: establishment percentage, stem diameter, height of the plant, length of roots, number of root nodules, as well as in the yield kg ha<sup>-1</sup>. Additionally, ROBUST® 9 WP at doses of 600 g/100 kg seed, 800 g/100 kg seed and 1000 g/100 kg seed, shows plants with better indexes of slenderness, root stem ratio and Dickson quality. ROBUST® 9 WP does not show symptoms of phytotoxicity, thus proving its safety for use in bean cultivation.

**Keywords:** Slenderness index, stem - root index, Dickson quality index, nodules

## I. INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L), es la leguminosa alimenticia más importante para consumo en el mundo. Los frijoles son un alimento nutritivamente rico en ácido fólico, fibra dietética y carbohidratos y una de las mejores fuentes de hierro no cárnicas. El consumo de frijoles es alto principalmente porque es un alimento relativamente económico. En América Latina, África y Asia, el frijol es principalmente un cultivo a pequeña escala (CIAT, 1999).

En Nicaragua se produce el fríjol, en todo el territorio nacional a diferentes escalas. En el país se han identificado 3 zonas agroclimáticas diferenciadas por las épocas de siembra: zona seca o cálida y áreas secas del norte, para siembra de primera y postrera: incluye los municipios de Estelí, Condega, Limay, Somoto, Ocotal, Pueblo Nuevo, San Lucas, Teustepe, Esquipulas, Darío, La Concordia, Sébaco, San Isidro. zona semihúmeda (pacífico e interior central) para siembra de postrera: contempla las Sierras de Managua, Carazo, Masaya, Matagalpa, San Dionisio, Santa Cruz, San Fernando, Ciudad Antigua, Júcaro, Jalapa, Jinotega y partes altas de Rivas. zona húmeda para siembra de apante: comprende los municipios de Nueva Guinea, San Carlos, zonas montañosas de Matagalpa y Jinotega, áreas de la zona Atlántica RACCS-RACCN (IICA-RED SICTA-COSUDE, 2009).

La producción de fríjol ha mostrado una tendencia creciente, aunque en algunos casos irregular; y en los últimos 10 años ha pasado de aproximadamente 54 540 000 kg ha<sup>-1</sup> a 1 136 250 000 kg ha<sup>-1</sup>. La tendencia positiva que experimenta la producción se debe al aumento sustancial del área cosechada, tecnificación y manejo del cultivo (Rodríguez, 2012). La producción nacional del frijol rojo: producción de 238 612 500 millones de kg ha<sup>-1</sup>, ciclo 2020/22021 (115 897 500 millones de kg ha<sup>-1</sup> consumo nacional y 122 715 000 millones kg ha<sup>-1</sup> de exportación.) frijol negro: 1 908 900 kg ha<sup>-1</sup> y se exportaron 1 381 680 kg ha<sup>-1</sup> (Bolsagro, 2021).

Para prevenir que las plantas se deterioren por el ataque de plagas y enfermedades se debe de hacer un manejo integrado de los diferentes métodos de control el cual consiste en realizar diferentes prácticas de una manera conjunta y en el momento oportuno para mejorar las condiciones del cultivo para disminuir el ataque de plagas y enfermedades (Tamayo, 2001).

Entre los principales problemas que enfrentan los productores del cultivo de frijol en el aspecto ambiental se encuentran: las afectaciones por plagas y enfermedades, así como también las deficiencias en fertilización. Al respecto el (INTA, 2009) menciona que el frijol tiene la capacidad de fijar nitrógeno del aire mediante bacterias fijadoras (*Rhizobium*) con la formación de nódulos en los que se multiplican las bacterias noduladoras. Las poblaciones de las bacterias nativas del suelo son poco eficientes, motivo por el cual se puede inocular la semilla con poblaciones de bacterias eficientes. El uso de inoculantes puede aumentar los rendimientos de frijol y reducir los costos porque se reduce la cantidad de fertilizante químico aplicado.

Por las razones anteriores, tomando en cuenta las necesidades y las exigencias de la agricultura moderna, se realizan esfuerzos en la búsqueda de nuevas sustancias que contribuyan en un manejo integrado de cultivos contribuyendo a mejoras en el rendimiento en el cultivo del frijol y con este trabajo de investigación se pretende evaluar la eficacia biológica del bioestimulante microbiológico ROBUST 9 WP (Aminoácidos + Rhizobacterias), para el crecimiento radicular y foliar del frijol en Estelí, Nicaragua.



## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar tres dosis del bioestimulante ROBUST® para el crecimiento radicular y foliar en el cultivo de frijol en Santa Cruz, Estelí.

### **2.2 Objetivos específicos**

Determinar el efecto del bioestimulante microbiológico ROBUST® 9 WP en el crecimiento radicular y foliar en el cultivo del frijol.

Comparar el rendimiento del frijol utilizando tres dosis del bioestimulante microbiológico ROBUST® 9 WP.

Describir síntomas de fitotoxicidad del bioestimulante microbiológico ROBUST® 9 WP en el cultivo de frijol en la zona de Santa Cruz, Estelí.

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 El cultivo de frijol

El frijol es una de las más importantes debido a su distribución en los cinco continentes, por ser complemento nutricional indispensable en la dieta alimenticia, ha sido un elemento tradicionalmente importante en América latina y en general en una gran cantidad de países en vías de desarrollo en los cuales se cultiva. En Nicaragua el frijol constituye la fuente de proteínas más importantes y barata en la dieta humana (IICA-RED SICTA-COSUDE, 2009).

##### 3.1.1 Botánica del cultivo del frijol

Es una planta herbácea anual, erecta o trepadora, de tallo pubescente o glabrescente cuando es adulta. Las estipulas de las hojas tri-pinnadas son de forma lanceolada y de tamaño medio. Los foliolos son anchamente ovados u ovado-romboidal, los laterales, implantados oblicuamente, miden cuatro a 15 por 2,5-10 cm y son pubescentes con base redondeada o anchamente cuneada, de bordes enteros y ápice acuminado. Las flores se disponen en racimos usualmente axilares, más cortos que las hojas. (IICA- RED SICTA-COSUDE, 2009).

Las bractéolas, persistentes, son habitualmente de longitud igual o algo superior al cáliz que es cupuliforme, bilabiado, de tres a cuatro mm, con cinco sépalo soldados y con el labio superior bidentado emarginado y el inferior tridentado. La corola, que puede ser blanca, amarilla, violácea o roja, tiene el estandarte centimetrítico suborbicular y reflejo, las alas obovadas adheridas a la quilla y con ápice espiralmente retorcido (SICTA-COSUDE, 2009).

Los estambres son diadelfos (nueve soldados y uno libre) mientras que el ovario es pubescente con el estilo espiralmente torcido de 360° o más y con estigma oblicuo. Dicho gineceo deriva en una legumbre lineal-oblonga de unos 10-15 por 1-1,5 cm, curvada e hinchada, glabra, picuda y con 4-10 semillas oblongas ariñonadas de muy diversos colores y tamaños, usualmente 1-2 por 0,5-1,5 cm (SICTA-COSUDE, 2009).

El frijol prospera en clima fríos y cálidos, tiene variedades trepadoras y enanas. Se cultiva en suelos no muy salinos, con índice medio de lluvias. (SICTA-COSUDE, 2009). Aunque admite una amplia gama de suelos, los más indicados son los suelos ligeros, de textura franco - arcilloso, con buen drenaje y ricos en materia orgánica.

En suelos fuertemente arcillosos, muy calizos y demasiado salinos vegeta deficientemente, siendo muy sensible a los encharcamientos, de forma que un riego excesivo puede dañar el cultivo, quedando la planta de color amarillo claro y achaparrada. Los valores de pH óptimos oscilan entre 6 y 7,5, aunque en suelo arenoso se desarrolla bien con valores de hasta 8,5. Si el suelo es ligero y arenoso, se añade una cantidad abundante de turba húmeda, abono o estiércol maduro. Si el drenaje no es bueno se forma un cúmulo o montecito y se siembra en su parte superior (SICTA-COSUDE, 2009).

### 3.1.2 Selección de semilla de frijol

Características de una buena semilla: La semilla debe tener buena forma, calidad y color uniforme sin efecto de daños por plagas y enfermedades. Trabajos de investigación indican que con el solo hecho de usar semilla de buena calidad se incrementan en un 30 % los rendimientos (IICA-RED SICTA, 2009).

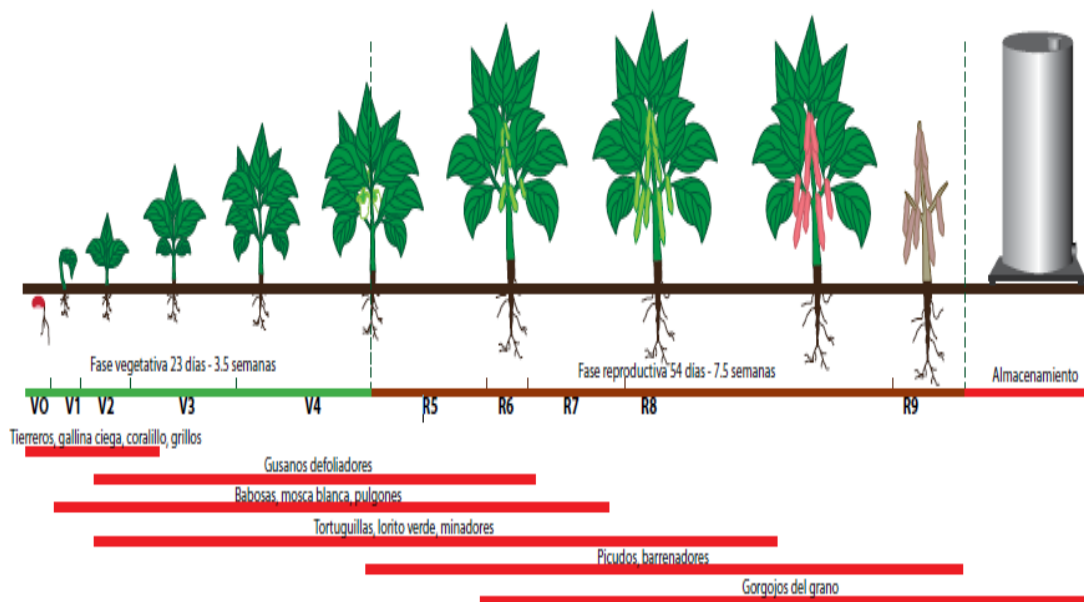


Figura 1. Aparición de las plagas durante el ciclo del cultivo del frijol común (ciclo de 54-80 días) (IICA-RED SICTA-COSUDE, 2010).

### 3.2 Producto microbiológico: ROBUST® 9 WP (Aminoácidos + Rhizobacterias)

ROBUST® 9WP contiene aminoácidos naturales (derivados de la extracción de proteínas vegetales y subproductos de fermentación) y razas seleccionadas de rizobacterias (*Pseudomonas linbergii*, *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus subtilis*), no modificadas genéticamente, que colonizan el sistema radicular de las plantas. Estas establecen una relación simbiótica con la planta; ocupan el espacio radicular alimentándose de los exudados de las raíces y segregando, por su parte, sustancias que las plantas utilizan para aumentar su vigor y antibióticos que las protegen de la acción de nematodos y hongos. Cubren totalmente la superficie radicular, principalmente las partes en desarrollo y raíces secundarias, que son las más susceptibles al ataque de patógenos y las encargadas de nutrir a la planta (Soil Technologies Corp, s,f).

ROBUST® 9WP produce una serie de beneficios:

- Aumenta el vigor.
- Incrementa la disponibilidad de nutrientes minerales.
- Crea una doble barrera, física y química, contra nemátodos y hongos.
- Estimula la acción beneficiosa de otros microorganismos, como micorrizas.
- Degrada sustancias tóxicas.

**Composición de ROBUST® 9 WP:** Aminoácidos + Rhizobacterias (*Pseudomonas linbergii*, *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus subtilis*) Aminoácidos + Rhizobacterias  $1 \times 10^9$  células viables/mg

**Formulación** Polvo mojable (WP)

**Concentración** 9 %

*Fuente: Soil Technologies Corp, (s,f)*

### 3.3 Bioestimulantes utilizados en el cultivo

Según Soil Technologies Corp, (s,f), estos productos son bio fertilizantes 100% naturales que se obtienen de la mezcla de suelo rico en nutrientes mayores al 60% de materia orgánica, con bacterias de diferentes géneros. La eficiencia en la fijación de nutrientes se puede medir fácilmente al arrancar una planta de frijol y observar la presencia de una coloración roja o rojiza

en los nódulos de las raíces. Los inoculantes pueden proveer nutrientes de forma rápida y asimilable hasta el equivalente de 127 kg ha<sup>-1</sup>. Son fáciles de aplicar, también evitan pérdidas de nutrientes por lixiviación, erosión o volatilización, reducen la contaminación ambiental y ayudan a reducir malezas y enfermedades.

Al respecto, estudios de Acuña, *et al.*, (2001) sugieren que el cultivo de frijol muestra respuesta en rendimientos de grano a la inoculación con *Rhizobium* y/o aplicación de fertilizantes en la región centroamericana. Bajo una perspectiva de baja inversión, el uso de inoculantes a base de cepas eficientes en fijación biológica de nitrógeno es la mejor opción para agricultores de bajos recursos.

Por su parte Guevara, *et al.*, (2013) encontraron que la aplicación de bioestimulantes, generan aumentos marcados sobre variables de crecimiento tales como altura de plántula, diámetro de tallo, número de hojas por planta, rendimiento. También (Martínez *et al.*, 2016) encontraron que la aspersión de las semillas con biostimulantes como *Rhizobium* 5 x 10<sup>3</sup> y *Bradyrhizobium* 1.8 x 10<sup>4</sup>, estimulan, de forma general, el crecimiento de las plantas, la concentración de clorofilas y nitrógeno en las hojas.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la comunidad Santa Cruz, municipio La Trinidad, en el departamento de Estelí, la finca La Bonita propiedad del señor Erasmo Tenorio ubicada aproximadamente a 140 km al norte de Managua, en las coordenadas N 12.9999606, W-86.3036673, altitud de 800-1000 msnm (Figura 2).

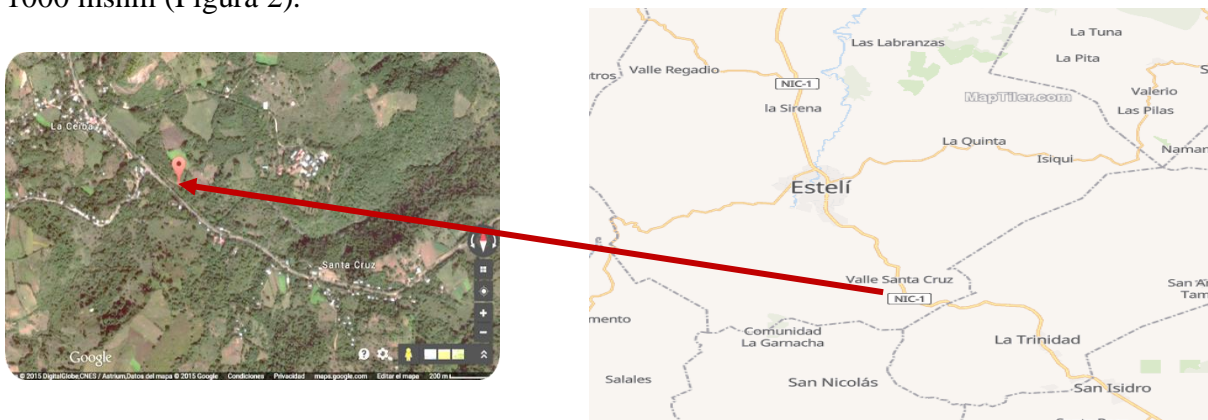


Figura 2. Ubicación geográfica del ensayo

El experimento se inició en mayo con la primera y única aplicación, culminando el ensayo en agosto del 2021 con el cuarto muestreo.

### 4.2 Diseño experimental

El cultivo seleccionado para evaluar ROBUST® 9WP fue frijol (*P. vulgaris*) variedad INTA rojo en el estadio fenológico escala BBCH 00 es decir en semilla seca. La aplicación se realizó al momento de la siembra, con una aplicación directa a la semilla mediante el método de la bolsa, el cual simula a una mezcladora de tratamiento para semilla (Syngenta, s.f). Se utilizó 1 kg semilla/tratamiento, BBCH 00 (semilla seca). La escala BBCH es un sistema para la codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas mono y dicotiledóneas (Meier, 2001).

El ensayo se ejecutó en campo, en un diseño de bloques completos al azar (BCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones de acuerdo con la distribución de tratamientos, para un total de 16 unidades experimentales (UE). Cada UE tenía un área de 20 m<sup>2</sup> (5 m largo x 4 m de ancho) conformada por ocho surcos. La distancia entre surco fue de 50 cm y 20 cm entre plantas. Cada

surco constaba con 25 plantas para un total de 200 plantas de frijol por UE. El espacio entre cada UE fue de un metro. Cada bloque tenía un área de 80 m<sup>2</sup> (20m<sup>2</sup> de cada UE x 4 UE) y se dejó un metro entre cada bloque. La parcela útil fue de 12 m<sup>2</sup> (seis surcos centrales de cuatro metros de largo por tres metros de ancho).

Cuadro 1. Dimensiones de las áreas del experimento de frijol Santa Cruz

Área de la unidad experimental (m <sup>2</sup> )	Parcela útil (m <sup>2</sup> )	Área por bloque (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )	Número total de plantas en el experimento	Total de plantas por ha <sup>-1</sup>
20	12	80	320	3200	100 000

Se realizaron tres muestreos, el primero a los 14 días después de la aplicación de ROBUST® y posteriormente se realizaron dos muestreos a los 21 dda y 28 dda (días después de la aplicación).

#### 4.2.1 Manejo agronómico

Plan fitosanitario enfocado en manejo integrado de plagas. El ensayo se estableció en una parcela de frijol (*P. vulgaris*) variedad INTA rojo, al momento de la siembra. La preparación del suelo y manejo fitosanitario se realizó de acuerdo con el manejo del productor el cual consistió en la aplicación de Imidacloprid y Thiodicard para insectos como *Bemisia tabaci* y *Diabrotica* spp. En caso de productos para control de hongos como antracnosis (*Colletotricum* spp) y mancha angular (*Phaseisariopsis griseola* Sacc. y Ferraris) se realizó aplicaciones de Azoxystrobina + Difeconazole para evitar el daño por patógenos.

Condiciones edafoclimáticas: Los suelos de Estelí son oxisoles, con una amplia capa fértil, con buena distribución de nutrientes y buen intercambio catiónico. La finca se encuentra a una altitud de 800 – 1000 msnm con temperaturas de 22 – 33°C. La precipitación va de los 800 – 1200 mm, distribuidos en 6 meses, la humedad relativa se mantiene entre los 38-73%.

#### 4.3 Tratamientos evaluados

Los tratamientos evaluados fueron tres dosis de ROBUST® 9 WP y un testigo (sin aplicación).

Cuadro 2. Descripción del producto ROBUST® 9 WP

Nombre comercial	Composición	Formulación	Concentración
ROBUST® 9 WP	Aminoácidos + Rhizobacterias $1 \times 10^9$ células viables/mg	WP	9%

Fuente: Soil Technologies Corp, (s,f)

Se realizó una sola aplicación que fue dirigida a la semilla (impregnación del producto), para ello se utilizó la metodología de la bolsa, donde inicialmente se colocó la cantidad de producto y a continuación se agregó 1 kg de semilla y se homogenizó hasta lograr la impregnación de todas las semillas; este método es el recomendado para los ensayos a pequeña escala ya que el proceso es similar al realizado por una mezcladora profesional (Syngenta, s.f).

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Producto	Dosis gramos Robust/100 kg semilla	Dosis gramos Robust/kg semilla
T1	Testigo absoluto	0	0
T2	ROBUST® 9 WP	600	6
T3	ROBUST® 9 WP	800	8
T4	ROBUST® 9 WP	1000	10

#### 4.4 Variables evaluadas

Para estas variables se tomaron cinco plantas al azar en cinco metros lineales de la parcela útil en tres momentos, a los 14, 21 y 28 días después de la aplicación.

- a) **Porcentaje de germinación.** En cinco metros lineales se contabilizó la cantidad de semillas sembradas por metro lineal, y se relacionó con el porcentaje de plántulas en campo.



$$\% \text{ de establecimiento} = \frac{\text{Plantas germinada por m lineal}}{\text{Semillas sembradas por m}} * 100$$

- b) **Diámetro de tallo (mm).** Se midió a la altura del cuello de la planta, para ello se tomaron cinco plantas al azar de la parcela útil, se utilizó un vernier. Las evaluaciones fueron a los 14, 21 y 28 dda.
- c) **Altura de la planta (cm).** Se midió desde la base del suelo hasta la yema apical de la parcela útil, el dato se tomó mediante una regla graduada en centímetros. Las evaluaciones fueron a los 14, 21 y 28 dda.
- d) **Longitud de raíces (cm).** Se midió desde la base del suelo hasta el ápice de la raíz, para ello se extrajeron al azar cinco plantas del centro de la unidad experimental, mediante una regla graduada en centímetros se tomó dicho valor. La evaluación fue a los 28 dda.
- e) **Número de nódulos radicales.** Se contabilizaron los nódulos de las raíces, para ello se extrajeron al azar cinco plantas de la parcela útil. La evaluación fue a los 28 dda.

Con estos datos obtenidos se calcularon las variables siguientes:

- **Índice de esbeltez (IE).** Este índice relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma. Es el cociente o razón entre la altura (cm) y el diámetro (mm). Tomado de Villalón *et al.*, (2016).

$$IE = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}}$$

Determinación del peso seco aéreo y radical para calcular el índice tallo-raíz y el índice de calidad Dickson, para eso tomaron cinco plantas que fueron llevadas al laboratorio y se separó la parte aérea (hojas y tallo) y las raíces, posteriormente se sometieron a un proceso de secado en un horno a 70°C durante 72 horas y finalmente se pesaron en una balanza analítica para determinar los pesos correspondientes.

- **Índice tallo – raíz (ITR).** Se define como la razón entre el peso seco de la parte aérea (tallo y hojas) y el peso seco de la raíz. Tomado de Villalón *et al.*, (2016).

$$ITR = \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco radical (g)}}$$

- **Índice de calidad de plantas de Dickson (ICD).** Este índice integra la relación entre la masa seca total de la planta (g) y la suma del índice de esbeltez (IE) y la relación parte seca aérea/parte seca radical o índice de tallo-raíz (ITR). Este índice expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura, pero con mayor vigor. Tomado de Villalón *et al.*, (2016).

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\left(\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}}\right) + \left(\frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco radical (g)}}\right)}$$

- f) **Fitotoxicidad.** Para describir los síntomas del efecto fitotóxico del producto sobre el cultivo se utilizó la escala de EWRS.

Cuadro 4. Escala EWRS (European weed research system) para medir fitotoxicidad

Nivel en la escala	Síntoma de intolerancia
1	Ausencia de síntomas
2	Síntomas muy leves, amarillamiento
3	Síntomas leves, pero claramente apreciables
4	Síntomas más fuertes (clorosis) que no repercuten necesariamente en forma negativa sobre la cosecha
5	Fuerte clorosis y/o atrofia; es de esperar que se vea afectada la cosecha
6-9	Daños crecientes hasta la muerte de las plantas

Fuente: *European weed research council, 1958*

**g) Rendimiento de kg grano (kg ha<sup>-1</sup>)**

Se evaluó al momento de la cosecha; se tomaron 15 plantas de la parcela útil, y una vez separado el grano del resto de residuos vegetales, se procedió a pesar el número de semillas por vaina (g) por tratamiento. Para ello se utilizará una balanza de dos decimales (0.01 g). Posteriormente se ajustó el rendimiento a un 14 % de humedad, para luego convertirlo a kilogramos por hectárea. El ajuste del rendimiento de grano por humedad se realizó mediante la igualdad propuesta por Aguirre y Peske (1988) que se describe a continuación:

$$P(100-H_I) = P_F(100-H_F)$$

En donde:

$P_I$  = Peso inicial del grano

$H_I$  = Contenido inicial de humedad del grano

$P_F$  = Peso final del grano

$H_F$  = Contenido final de humedad del grano (14%)

#### **4.5 Recolección de datos**

Se realizaron tres muestreos, el primero a los 14, segundo a los 21 y el tercero a los 28 días después de la aplicación de ROBUST® 9WP.

#### **4.6 Análisis de datos**

Los datos fueron analizados en el software estadístico INFOSTAT 2019, versión profesional. Se realizó un ANDEVA a un 5% de error ( $p < 0.05$ ). Al presentar diferencia estadística entre los tratamientos se realizó separación de medias Tukey.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Porcentaje de germinación

La germinación tuvo un comportamiento variable en función del tratamiento. Los tratamientos mostraron diferencia estadística significativa en relación con la variable porcentaje de germinación ( $p < 0.00001$ ). Las parcelas tratadas con ROBUST® 9 WP a dosis de 600 g/100 kg semilla obtuvo un mayor porcentaje de germinación a los 28 dda con 94% y menor a los 14 dda con 90%. El tratamiento de 800 g/100 kg semilla obtuvo un porcentaje de germinación mayor a los 28 dda con 96% y menor a los 14 dda con 93% y las semillas tratadas con dosis de 1000 g/100 kg semilla, obtuvo un mayor porcentaje de germinación a los 28 dda con 98% y menor a los 14 dda con 94%. En tanto, las parcelas sin aplicación mostraron el porcentaje de germinación más bajo, oscilando entre 69% - 80% (Figura 3 y Anexo 1).

Estos resultados se deben a que las semillas tratadas con los componentes del producto ROBUST® 9 WP, ayudan a inhibir daños en las semillas causadas por nematodos, hongos del suelo y fitopatógenos, lo cual favorece un alto porcentaje de germinación en el campo. Según Castellanos *et al.*, (2004) encontraron que esta bacteria *B. subtilis* inhibió los crecimientos de más de 20 especies de hongos, pertenecientes a 17 géneros.

Estudio realizado por Hernández *et al.*, (2017) con productos a base de (*B. subtilis* y *P. fluorescens*) aplicado a la semilla de frijol permitió la protección del cultivo frente a enfermedades causadas por patógenos y por ende constituye una herramienta para la protección de plantas y el manejo agroecológico del cultivo. Otro estudio realizado por Aguado (2012) encontró que las bacterias del género *Rhizobium* y *Azotobacter* tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ) y lo convierten en sustancias nitrogenadas como el amonio, en beneficio de las plantas a través del proceso de Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN). Los resultados de estos estudios comparados con los obtenidos en la aplicación del producto ROBUST® 9 WP en la semilla del frijol., confirman el alto porcentaje de germinación.

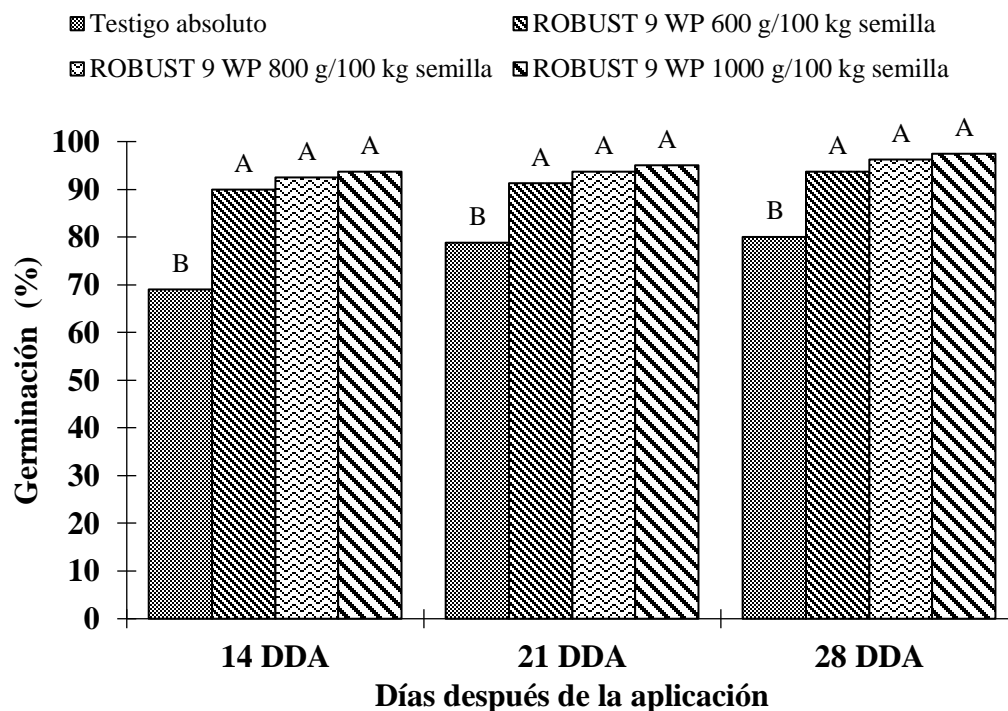


Figura 3. Porcentaje de germinación de frijol 14, 21 y 28 dda en los diferentes tratamientos

El análisis realizado muestra diferencia estadística en los días después de la aplicación en las dosis de 600 g/100 kg semilla, 800 g/100 kg semilla y 1000 g/100 kg semilla. A los 14 dda muestra diferencia con respecto al testigo y representando su mayor diferencia a los 28 dda después de la aplicación (Anexo 1). Esto se debe a que en la composición del producto ejerce su control y su acción en la sanidad de la semilla. A los 28 dda es mayor porque los componentes han tenido más tiempo para actuar en la protección y absorción nutrientes en las plántulas.

## 5.2 Diámetro del tallo

El diámetro del tallo está relacionado con la capacidad de sostén de la planta para soportar la producción de vainas. Los tratamientos mostraron diferencia estadística significativa en relación con el testigo en la variable diámetro del tallo ( $p < 0.00001$ ). El mayor diámetro de las plantas con ROBUST® 9 WP a dosis de 600 g/100 kg semilla fue de 4.7 mm a los 28 dda y el menor diámetro del tallo fue de 3.8 mm a los 14 dda. El mayor diámetro con ROBUST® 9 WP a dosis de 800 g/100 kg semilla fue de 4.9 mm a los 28 dda y el menor diámetro del tallo fue de 3.9 mm a los 14 dda y el mayor diámetro con ROBUST® 9 WP a dosis de 1000 g/100 kg semilla fue de 5.1 mm a los 28 dda y el menor diámetro del tallo fue de 4.7 mm a los 14 dda.

Al comparar las tres dosis de los tratamientos con el testigo mostraron diferencia estadística significativa a los 14, 21 y 28 dda representando su mayor diferencia a los 28 dda después de la aplicación. Esto se debe a que en la composición del producto mejora la movilidad de los nutrientes por el sistema vascular ejerciendo mayor absorción y disponibilidad. A los 28 dda es mayor porque los componentes han tenido más tiempo para actuar en la protección y absorción de nutrientes (Figura 4 y Anexo 2).

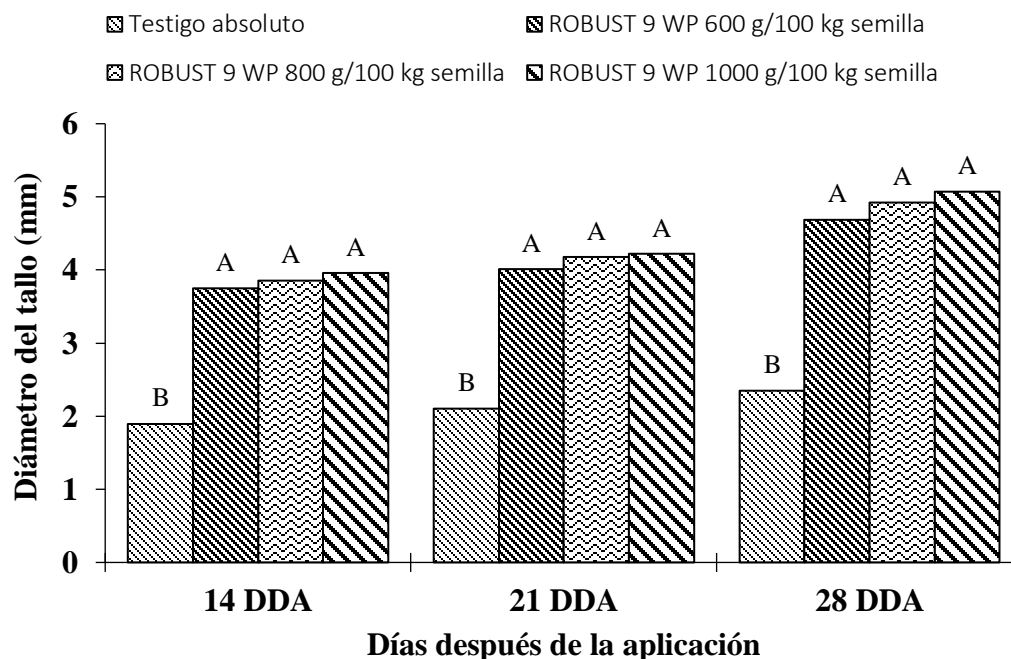


Figura 4. Diámetro del tallo de *P. vulgaris* a los 14, 21 y 28 dda en los diferentes tratamientos

El producto ROBUST® 9 WP, mostró un efecto gradual en el diámetro del tallo debido a que sus componentes tienen la capacidad de establecer una capa protectora de la raíz mejorando la asimilación de nutrientes que son extraídos por la raíz del cultivo. Gothandapani *et al.*, (2017) menciona que las bacterias *Azotobacter* tienen propiedades benéficas en el crecimiento debido a la producción de Ácido Indolacético (AIA) o giberelinas.

### 5.3 Altura de la planta

La altura de la planta está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes durante la fotosíntesis, los que a su vez son transferidos a las vainas durante el llenado de grano. Los tratamientos muestran un aumento gradual de la altura de la planta en función del

tiempo. Los tratamientos mostraron diferencia estadística significativa en relación con el testigo en la variable altura de la planta ( $p < 0.00001$ ). La mayor altura de planta tratada con ROBUST® 9 WP a dosis de 600 g/100 kg semilla fue de 42 mm a los 28 dda y la menor altura de planta fue de 29 mm a los 14 dda. La mayor altura de planta tratada con ROBUST® 9 WP a dosis de 800 g/100 kg semilla fue de 44 mm a los 28 dda y la menor altura de planta fue de 30 mm a los 14 dda y la mayor altura de planta con ROBUST® 9 WP a dosis de 1000 g/100 kg semilla fue de 47 mm a los 28 dda y la menor altura fue de 31 mm a los 14 dda (Figura 5).

Estos resultados se deben al manejo inicial del establecimiento del cultivo con la aplicación de ROBUST® 9 WP, mejorando la altura de la planta, debido a mejor elongación de raíces favoreciendo la absorción de nutrientes, acompañado de un buen manejo agronómico. Según Avilés y Centeno (1999) afirman que, las sumas de las actividades funcionales durante el ciclo de vital es una de las causas del crecimiento lento, lo cual puede ser atribuido a la demora en el establecimiento de la simbiosis del microorganismo con la planta.

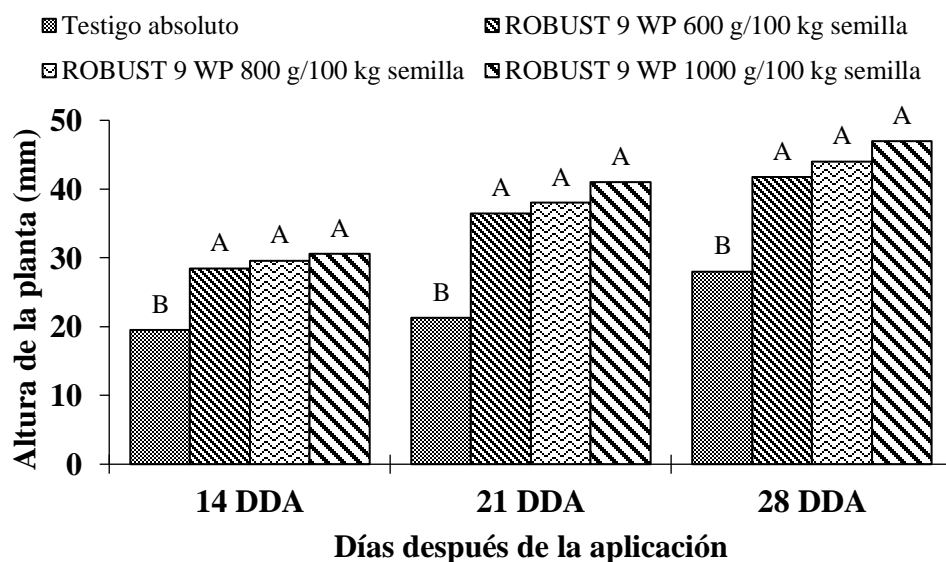


Figura 5. Altura del frijol a los 14, 21 y 28 dda en los diferentes tratamientos

Al comparar las tres dosis con el testigo, mostraron diferencia estadística significativa a los 14, 21 y 28 dda representando mayor diferencia a los 28 dda después de la aplicación (Anexo 3). De acuerdo con Terry y Leyva (2006) mencionan que, las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal es más rápido y evidente a partir de los 17 días después de la siembra.

## 5.4 Longitud de raíces

La raíz cumple la función de otorgar soporte y anclaje al suelo, además de la absorción de agua y la captación de nutrientes, por ello una mayor longitud de raíz le permite a la planta soportar factores críticos tales como vientos, así como también sequía. En el análisis realizado, se encontró diferencia estadísticamente significativa en relación con la longitud de raíces ( $p < 0.0001$ ). El tratamiento ROBUST® 9 WP a dosis de 600 g/100 kg semilla, 800 g/100 kg semilla y 1000 g/100 kg semilla muestran longitud de raíces que varían de 37 cm, 38 cm y 40 cm respectivamente, siendo estadísticamente diferentes en comparación con el testigo (Figura 6 y Anexo 4).

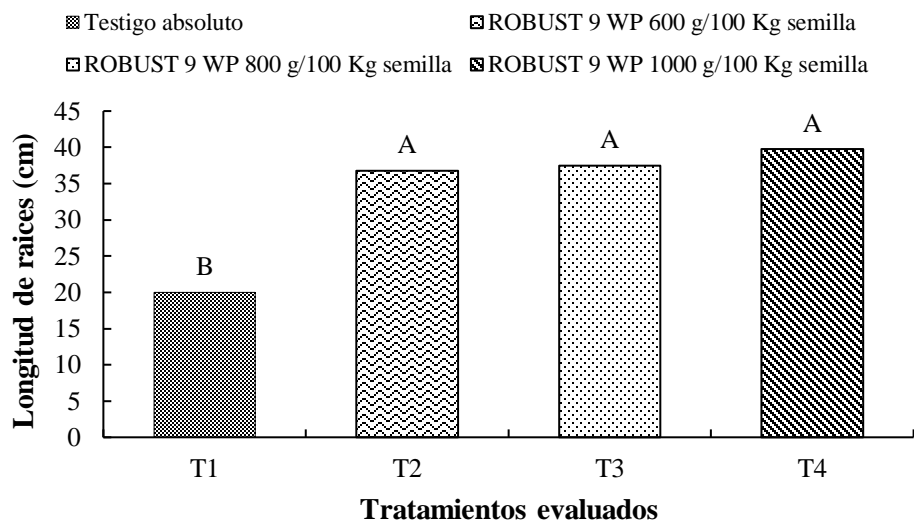


Figura 6. Efecto de los tratamientos sobre longitud de raíces en el cultivo del frijol

Este resultado se debe a que ROBUST® 9 WP, posee moléculas antifúngicas y promotor de crecimiento de raíces, esto crea una estimulación y capa de protección favoreciendo la colonización de raíces y tolerancia al stress ambiental (Soil technologies Corp. s.f).

De-Bashan *et al.*, (2007); Desai *et al.*, (2012)., indican que las bacterias promotoras de crecimiento en plantas (BPCP) son un grupo de especies de bacterias que pueden incrementar el crecimiento y la productividad vegetal, estando presente organismos conocidos como las especies pertenecientes a los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* entre otros, estas bacterias liberan compuestos al medio incrementando la disponibilidad de nutrientes para las plantas (solubilización de fosfatos, producción de hormonas, fijación de nitrógeno atmosférico), de la



misma forma puede tener influencia directa sobre el metabolismo de la planta aumentando la capacidad de toma de agua y nutrientes, favoreciendo su desarrollo radicular y la actividad enzimática.

### 5.5 Nódulos radicales

El análisis estadístico realizado muestra diferencias estadísticas significativas en el número de nódulos radicales ( $p < 0.0001$ ). El tratamiento ROBUST® 9 WP a dosis de 600 g/100 kg semilla, 800 g/100 kg semilla y 1000 g/100 kg semilla presenta los mayores promedios con 12, 14 y 15 nódulos radicales/planta respectivamente, en cambio el testigo presenta un promedio 7 nódulos radicales/planta respectivamente (Figura 7 y Anexo 5). Esto muestra que la aplicación de ROBUST® 9 WP favorece la formación de nódulos en relación con el testigo.

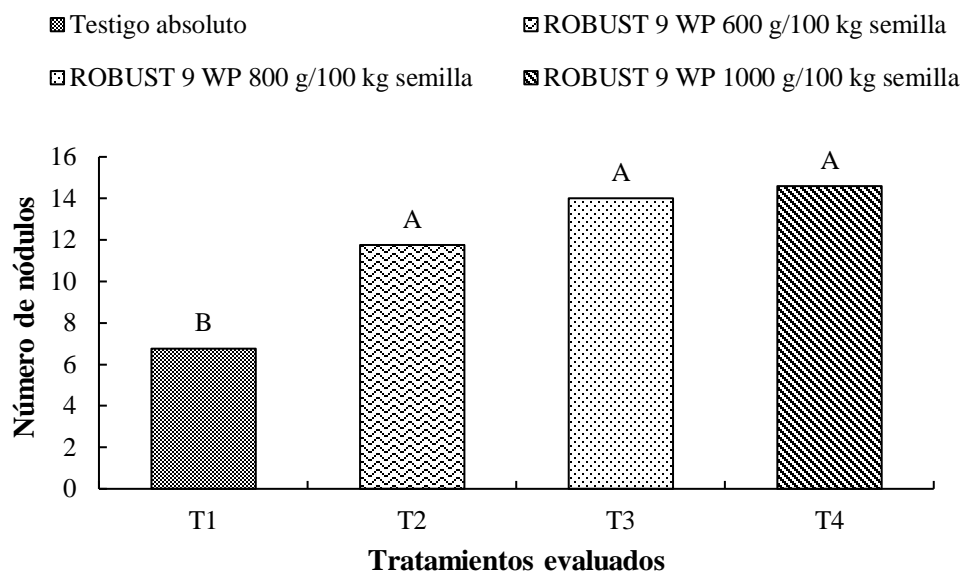


Figura 7. Efecto de los tratamientos sobre número nódulos radicales

De acuerdo con Tejera-Hernández *et al.*, (2011), en las últimas décadas, se ha descrito el efecto que ejerce una gran diversidad de microorganismos rizosféricos en el control de organismos fitopatógenos, ya que la rizósfera representa la primera línea de defensa de la planta contra organismos fitopatógenos edáficos, evitando así el establecimiento de éstos en la raíz.

El género *Bacillus* ha sido ampliamente estudiado debido a su alta abundancia y diversidad en los agro-sistemas por sus diversas capacidades metabólicas, destacando su capacidad para producir antibióticos y otros metabolitos antimicrobianos y antifúngicos (Tejera-Hernández *et al.*, 2011). Por tanto, es probable que esto mejoró la formación de nódulos en el cultivo de frijol.

Layton *et al.*, (2011); Tejera-Hernández *et al.*, (2011) afirman que entre las principales vías por las cuales estas cepas evitan el establecimiento y desarrollo de organismos fitopatógenos es a través de diferentes mecanismos, que incluyen A) la excreción de antibióticos, B) sideróforos, C) enzimas líticas, D) toxinas y E) induciendo la resistencia sistémica de la planta (IRS).

### **5.6 Índice de esbeltez e índice de tallo – raíz**

El índice de esbeltez relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma. Valores entre 5 y 10 indican una mejor calidad de planta, valores sobre 10, indican una planta muy alta, respecto al diámetro, por su parte valores menores a 5, indican una planta de poca altura respecto al diámetro.

El análisis estadístico realizado mostró diferencias en el índice de esbeltez ( $p < 0.0001$ ). Las parcelas tratadas con ROBUST® 9 WP a dosis de 600 g/100 kg semilla, 800 g/100 kg semilla y 1000 g/100 kg semilla muestran valores promedios de 8.6, 8.4 y 8.2 respectivamente, es decir que presentan una calidad de planta que le permite equilibrio entre la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma; siendo estadísticamente similares entre sí, pero estadísticamente superiores a los demás tratamientos evaluados (Figura 8 y Anexo 6).

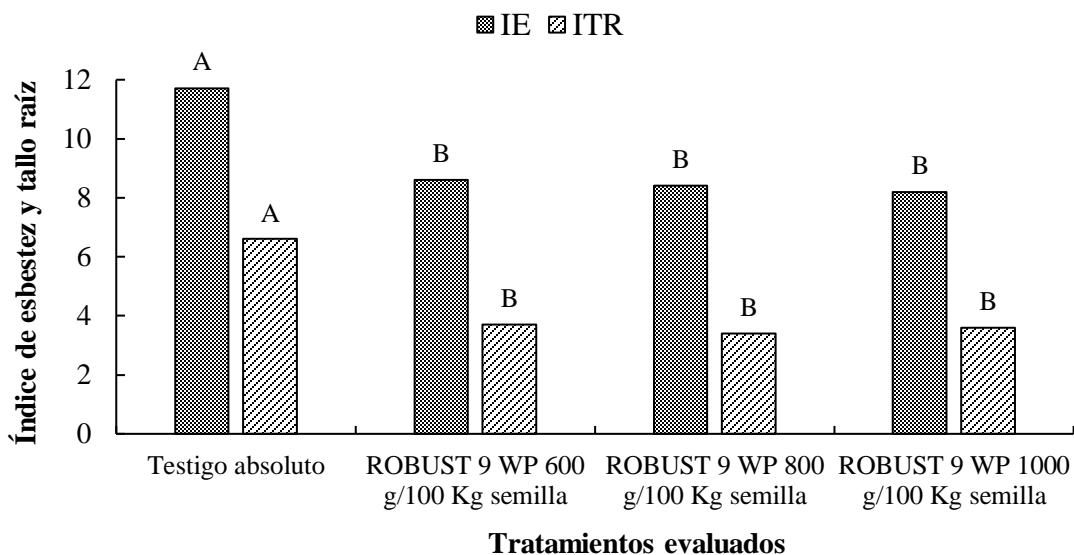


Figura 8. Efecto de los tratamientos en el índice de esbeltez e índice de tallo – raíz

El índice tallo – raíz se define como la razón entre el peso seco de la parte aérea (tallo y hojas) y el peso de la raíz. En general se exige que, lavada la planta y seca, el peso de la parte aérea no llegue a doblar al de la raíz. Generalmente, mientras más estrecha es la relación tallo/raíz (cercana a 1), mayor es la posibilidad de supervivencia en sitios secos.

El análisis estadístico realizado mostró diferencias en el índice tallo – raíz por tratamiento ( $p < 0.0001$ ). Las parcelas tratadas con ROBUST® 9 WP a dosis de 600 g/100 kg semilla, 800 g/100 kg semilla y 1000 g/100 kg semilla muestran valores promedios de 3.5, 3.3 y 3.1 respectivamente (Anexo 6). Evidenciando valores más estrechos (cercana a 1), generando por tanto un balance entre la superficie transpirante y la superficie absorbente de la planta.

### 5.7 Índice de calidad de Dickson (ICD)

Este Índice integra la relación entre la masa seca total de la planta (g) y la suma del índice de esbeltez (IE) y la relación parte seca aérea/parte seca radical o índice de tallo-raíz (ITR). Un ICD inferior a 0.15 podría significar problemas en el establecimiento de una plantación. En el estudio realizado por Sáenz *et al.*, (2010) los rangos de calidad de Dickson van de 0.2 a 0.5 en el que se incluyeron categorías de calidad donde valores menores a 0.2 son considerados de calidad baja, entre 0.2 y 0.5 de calidad media y mayores de 0.5 de calidad alta.

El análisis realizado muestra diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos para ICD ( $p < 0.0001$ ) (Figura 9 y Anexo 7). Al respecto se observa que los tratamientos ROBUST® 9 WP a dosis de 600 g/100 kg semilla, 800 g/100 kg semilla y 1000 g/100 kg semilla, muestran un ICD  $> 0.2$  (1.35, 1.36 y 1.38 respectivamente), lo cual expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez.

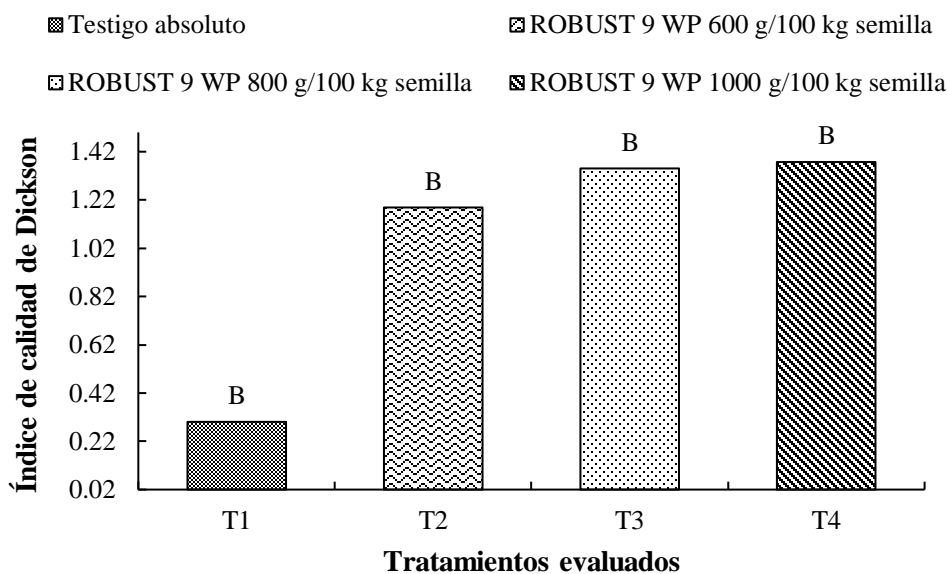


Figura 9. Efecto de los tratamientos sobre índice de calidad de Dickson

### 5.8 Rendimiento del frijol $\text{kg ha}^{-1}$

Los tratamientos mostraron diferencia estadística significativa en relación con la variable rendimiento ( $p < 0.00001$ ). Las parcelas tratadas con ROBUST® 9 WP a dosis de 600 g/100 kg semilla obtuvo un rendimiento de 1 231  $\text{kg ha}^{-1}$ , el tratamiento de 800 g/100 kg semilla obtuvo un rendimiento de 1 451  $\text{kg ha}^{-1}$  y el tratamiento con dosis de 1000 g/100 kg semilla, obtuvo un rendimiento de 2 177  $\text{kg ha}^{-1}$ . En tanto, las parcelas sin aplicación (testigo) mostró el rendimiento más bajo con 562  $\text{kg ha}^{-1}$  (Figura 10 y Anexo 8).

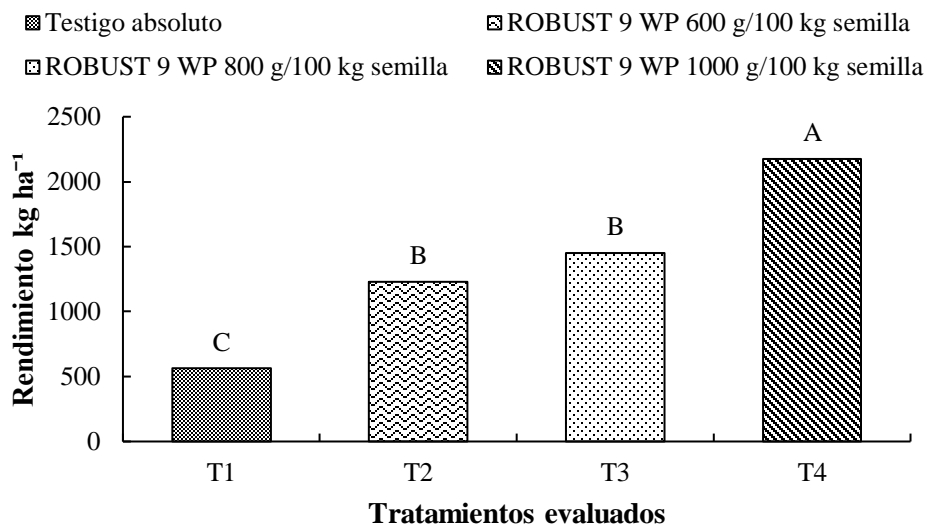


Figura 10. Efecto de los tratamientos con Robust en el rendimiento del frijol kg ha<sup>-1</sup>

Somarriba (1997) plantea que, para lograr beneficios en la producción de frijol, resultado de la aplicación de fertilizante es conveniente considerar el momento de la aplicación ya que el frijol tiene un ciclo vegetativo corto en comparación con otros cultivos, por tanto, la aplicación del fertilizante debe hacerse en el momento oportuno. A esto se le puede agregar que la densidad de siembra ayuda en la producción de granos en su rendimiento, como lo demuestra Hakansson (1983), indica que al aumentar la densidad de siembra aumenta el rendimiento, hasta un punto después del cual el rendimiento es contrario y se reduce.

Estudios realizados por Khan *et al.*, (2007) y Zaidi *et al.*, (2009) afirman que, las bacterias solubilizadoras de fosfato son protagonistas del aumento de la disponibilidad del fósforo (P) en el suelo, ya que tienen la capacidad de intervenir en los procesos de fijación de éste, demostrando que su empleo en diversos cultivos favorece el rendimiento de las cosechas y mejora la fertilidad del suelo.

Estudios realizados Richardson (2001), demostraron que la inoculación de microorganismos con actividad fitasa o la adición de fitasas microbianas purificadas a las raíces de plantas, incrementan el fósforo suministrado por el fitato, permitiéndole solubilizarse para su absorción, lo cual contribuye en la nutrición de las plantas y se observa en las condiciones de crecimiento de estas.

## **5.9 Fitotoxicidad**

Los tratamientos ROBUST® 9 WP a dosis de 600 g/100 kg semilla, 800 g/100 kg semilla y 1000 g/100 kg semilla aplicados al cultivo de frijol, no mostraron síntomas de amarillamiento, marchitez o muerte en el cultivo al describir de forma visual aplicando la escala EWRS (European weed research system) (Cuadro 4).

## VI. CONCLUSIONES

Aplicación de ROBUST® 9 WP a dosis de 600g, 800g y 1000 g/100 kg semilla de frijol variedad INTA Rojo mejora variables de crecimiento vegetativo, porcentaje de germinación, diámetro de tallo, altura, longitud de raíces y número de nódulos, también mejora los índices de esbeltez, relación tallo raíz y calidad de Dickson en la planta de frijol.

Aplicación de ROBUST® 9 WP a dosis de 600g, 800g y 1000 g/100 kg semilla mejora los rendimientos del frijol en comparación con el testigo, obteniendo el rendimiento más alto en la dosis de 1000g.

ROBUST® 9 WP a dosis de 600g, 800g y 1000 g/100 kg semilla, no mostraron síntomas de fitotoxicidad de forma visual aplicando la escala EWRS para el cultivo de frijol.

## **VII. RECOMENDACIÓN**

Según resultados obtenidos en el rendimiento, se debe aplicar ROBUST® 9 WP impregnando la semilla en dosis de 1000g del producto/ 100 kg de semilla al momento de la siembra.



## VIII. LITERATURA CITADA

- Acuña, O; Rodrigez, E; Llano, A; Calderón, V; Flores, G; Viana, A; Lépiz, R. (2001). *Validación técnica de inoculantes en frijol con cepas de rhizobium eficientes en fijación de nitrógeno en Centroamérica*. Agronomía Mesoamericana, vol. 12, núm. 1, pp. 25-32.
- Aguado, G. (2012). *Introducción al uso y manejo de los fertilizantes en la agricultura*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaria de agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. INIFAP/SAGARPA.
- Agrios. (2005). *Fitopatología*. México: LIMUSA.
- Aguirre, R; Peske, S. (1988). *Manual para el beneficio de semillas*. Centro internacional de agricultura tropical (CIAT). Cali- Colombia, p 281.
- Avilés García, EO; Centeno Orozco, JC. (1999). *Evaluación de una mezcla de cepas de Rhizobium Bajo diferentes niveles de fertilización en tres variedades de frijol rojo en Nicaragua*. Tesis Ing. Managua, NI.UNA. 35p
- Bolsagro. (2021). *Producción agropecuaria ciclo agrícola 2020-2021*. Producción agrícola. <https://www.bolsagro.com.ni/estad%C3%ADsticas/producci%C3%B3n-agr%C3%ADcola.html#:~:text=Frijol%20rojo&text=Durante%20el%20ciclo%20productivo%202020,equivalente%20a%20US%20%24109.7%20millones>.
- Castellanos, J.A., L. Ortiz, P. Oliva, J.M. Dueñas, J. Fresneda, S. Fraga. (2004). *Estudios relacionados con el uso de Bacillus subtilis en el control de hongos fitopatógenos*. AS-E.3. INIFAT. Cuba. VI Simposio de Agricultura sostenible. XIV Congreso Científico. INCA, La Habana, Cuba. Nov. 9-12, 2004, 60 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1999). *Phaseolus bean: Post-harvest Operations*. Edited by AGSI/FAO. (CIAT) [www.cgiar.org/ciat](http://www.cgiar.org/ciat)
- De-Bashan Luz E, Gina Holguin, Bernard R Glick, Yoav Bashan. (2007). *Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales*. En: Ferrera-Cerrato R,
- Desai Suseelendra, Minakshi Grover, E Leo Daniel Amalraj, G Praveen Kumar, S K Mir Hassan Ahmed. (2012). *Exploiting Plant Growth Promoting Rhizomicroorganisms for Enhanced Crop Productivity*. En: Satyanarayana T, Bhavdish Narain Johri, Anil Prakash (Eds.). *Microorganisms in sustainable agriculture and biotechnology*. Chapter 12, pp.227-242. Springer. Dordrecht
- ERWC (European weed research council). (1958). *European weed research system*. <https://www.ewrs.org/en/info/About-us/EWRS-Heritage>
- Gothandapani, S., Sekar, S., & Padaria. J. (2017). *Azotobacterchroococcum: Utilization and potential use for agricultural crop production: An overview*. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 4(3), 35-42. DOI: <http://dx.doi.org/10.22192/ijarbs.2017.04.03.004>

- Guevara, E; Méndez, J; Vega, J; González, O; Puertas, A; Fonseca, J. (2013). *Influencia de diferentes dosis de FitoMas-E en el frijol común*. Centro Agrícola, 40(1), pp. 39-44.
- Hakansson, S. (1983). *Competition and production in short-lived cropweed stands. Density effects*. Swed. Univ. Of. Agric. Sci. Report 127. Uppsala Sweden. 85 p.
- Hernández P, Dienelys; Díaz C, Manuel; Quiñones R, Reinaldo; Santos B, Ramón, Portal G, Nayanci, Herrera I, Lidcay. (2017). *Empleo de rizobacterias para la protección de plantas de frijol frente al tizón ceniciento (Macrophomina phaseolina)*. Revista Centro Agrícola. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Vol.44, No.1.  
[http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V44-Numero\\_1/cag01117.pdf](http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V44-Numero_1/cag01117.pdf)
- IICA-RED SICTA-COSUDE. (2009). *Guía técnica para el cultivo de frijol*. Boaco, Nicaragua.
- InfoStat. (2019). InfoStat versión 2019. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- INTA. (2009). *Guía tecnológica del cultivo de frijol*. Managua, Nicaragua: INTA.
- Khan, M. S.; Zaidi, A. and Wani, P. (2007). *Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture – a review*. Agron. Sustain. Dev. 2007. Ch. 27, pp. 29-43. 33.
- Layton C, Maldonado E, Monroy L, Corrales LC y Sánchez LC. (2011). *Bacillus spp.; perspectiva de su efecto biocontrolador mediante antibiosis en cultivos afectados por fitopatógenos*. Revista NOVA Publicación Científica en Ciencias Biomédicas. 9:177-187.  
<http://dx.doi.org/10.22490/24629448.501>
- Martínez, L; Reyes, Y; Falcón, A; García, M’Nuñez, M. (2016). *Efecto de productos bioactivados en plantas de frijol (Phaseolus vulgaris)*. Cultivos Tropicales vol. 37, no. 3, pp. 165-171.
- Meier, U. (2001). *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants*. BBCH Monograph. doi:10.5073/bbch0515. [https://es.wikipedia.org/wiki/Escala\\_BBCH](https://es.wikipedia.org/wiki/Escala_BBCH)
- Richardson, A. E. (2001). *Soil microorganisms and phosphorous availability*. In *Soil biota: management in sustainable farming systems*. Victoria-Australia: Eds. C E Pankhurst, B M Doube; 1994.
- Rodríguez. (2012). *Importancia del frijol en Nicaragua*. Managua: REPCAR - NICARAGUA. Obtenido de <http://cep.unep.org>
- Sáenz, R. J. T.; Villaseñor R. F. J.; Muñoz F. H. J.; Rueda S. A.; Prieto R. J. A. (2010). *Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán*. (en línea). Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México.

<http://www.biblioteca.inifab.gob.mx:calidaddelaplantaenviveroforestaldeclimatempladoenmichoacan.pdf>

SICTA-COSUDE, I.-R. (2009). *Guía técnica para el cultivo de frijol*. Boaco, Nicaragua

Syngenta. (s.f). *Suspensión concentrada para el tratamiento de semillas*. Syngenta production France S.A.S. p. 5

Soil technologies Corp. (s.f). *Robust WP. Inoculante beneficioso para suelo/ raíz de rizobacterias* <https://www.soiltechcorp.com/product/robust-wp>

Somarriba, C. (1997). *Texto de granos básicos*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 191 p.

Tamayo. (2001). *Manejo integrado de plagas de enfermedades del frijol*. Antioquía: CORPOICA.

Tejera-Hernández B, Rojas-Badía MM y Heydrich-Pérez M. (2011). *Potencialidades del género Bacillus en la promoción del crecimiento vegetal y el control de hongos fitopatógenos*. Revista CENIC Ciencias Biológicas. 42:131-138. <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181222321004.pdf>

Terry, AE; Leyva Galán, A. (2006). *Evaluación Agrobiológica en la coinoculación: micorrizas rizobacterias en tomate*. (en línea). CR. Agronomía Costarricense, 30(1). Consultado 2 feb 2017. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43630106>

Villalón-Mendoza, H; Ramos-Reyes, JC. Vega-López, JA; Marino, B; Muños-Palomino, MA; Garza-Ocañas, F. (2016). *Indicadores de calidad de la planta de Quercus canby Trel. (encino) en vivero forestal*. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales 12 (1): 46-52.

Zaidi, A.; Khan, M. S.; Ahemad, M.; Oves, M. and Wani, P. A. (2009). *Recent advances in plant growth promotion by phosphate-solubilizing microbes*. En: Mohammad Saghir Khan; Almas Zaidi and Javed Musarrat (Editors). *Microbial strategies for crop improvement*. Springer-Verlag, Berlin. 2009. 23-50.

## IX. ANEXOS

Anexo 1. Separación de media Tukey de los tratamientos en el porcentaje de germinación

Tratamientos	14 DDA	21 DDA	28 DDA	Categorías
Testigo absoluto	69 B	79 B	80 B	Primera categoría (A) se ubican las tres dosis de Robust
ROBUST 9 WP 600 g/100 kg semilla	90 A	91 A	94 A	
ROBUST 9 WP 800 g/100 kg semilla	93 A	94 A	96 A	
ROBUST 9 WP 1000 g/100 kg semilla	94 A	95 A	98 A	
Pr > F	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	Segunda (B) el testigo absoluto
	C.V: 2.59 R <sup>2</sup> : 0.94	C.V: 2.41 R <sup>2</sup> : 0.90	C.V: 2.92 R <sup>2</sup> : 0.83	

Medias con letras similares no son estadísticamente diferentes en prueba de Tukey (p>0.05)

Anexo 2. Separación de media Tukey de los tratamientos en el diámetro del tallo

Tratamiento	14 DDA	21 DDA	28 DDA	Categorías
Testigo absoluto	1.9 B	2.1 B	2.4 B	Primera categoría (A) se ubican las tres dosis de Robust
ROBUST 9 WP 600 g/100 kg semilla	3.8 A	4.0 A	4.7 A	
ROBUST 9 WP 800 g/100 kg semilla	3.9 A	4.2 A	4.9 A	
ROBUST 9 WP 1000 g/100 kg semilla	4.0 A	4.2 A	5.1 A	
Pr > F	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	Segunda (B) el testigo absoluto
	C.V: 2.60 R <sup>2</sup> : 0.98	C.V: 0.85 R <sup>2</sup> : 0.94	C.V: 0.82 R <sup>2</sup> : 0.96	

Medias con letras similares no son estadísticamente diferentes en prueba de Tukey (p>0.05)

Anexo 3. Separación de media Tukey de los tratamientos en la altura de la planta

Tratamientos	14 DDA	21 DDA	28 DDA	Categorías
Testigo absoluto	20 B	21 B	28 B	Primera categoría (A) se ubican las tres dosis de Robust
ROBUST 9 WP 600 g/100 kg semilla	29 A	37 A	42 A	
ROBUST 9 WP 800 g/100 kg semilla	30 A	38 A	44 A	
ROBUST 9 WP 1000 g/100 kg semilla	31 A	41 A	47 A	
Pr > F	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	Segunda (B) el testigo absoluto
	C.V: 9.08 R <sup>2</sup> : 0.81	C.V: 4.12 R <sup>2</sup> : 0.97	C.V: 2.71 R <sup>2</sup> : 0.98	

Medias con letras similares no son estadísticamente diferentes en prueba de Tukey (p>0.05)

Anexo 4. Separación de media Tukey de los tratamientos en la longitud de raíces

<b>Tratamientos</b>	<b>28 DDA</b>	<b>Categorías</b>
Testigo absoluto	20 B	Primera
ROBUST 9 WP 600 g/100 kg semilla	36.75 A	categoría (A)
ROBUST 9 WP 800 g/100 kg semilla	37.50 A	se ubican las
ROBUST 9 WP 1000 g/100 kg semilla	39.75 A	tres dosis de
		Robust
Pr > F	0.00001	Segunda (B) el
	C.V: 3.05	testigo
	R <sup>2</sup> : 0.98	absoluto

Anexo 5. Separación de media Tukey de los tratamientos en el número de nódulos radicales

<b>Tratamientos</b>	<b>28 DDA</b>	<b>Categorías</b>
Testigo absoluto	6.75 B	Primera
ROBUST 9 WP 600 g/100 kg semilla	11.75 A	categoría (A)
ROBUST 9 WP 800 g/100 kg semilla	14.00 A	se ubican las
ROBUST 9 WP 1000 g/100 kg semilla	14.75 A	tres dosis de
		Robust
Pr > F	0.00001	Segunda (B) el
	C.V: 7.02	testigo
	R <sup>2</sup> : 0.94	absoluto

Anexo 6. Separación de media Tukey de los tratamientos en el índice de esbeltez e índice tallo – raíz

<b>Tratamientos</b>	<b>IE</b>	<b>ITR</b>	<b>Categorías</b>
Testigo absoluto	11.7 A	6.6 A	Primera
ROBUST 9 WP 600 g/100 kg semilla	8.6 B	3.7 B	categoría (A)
ROBUST 9 WP 800 g/100 kg semilla	8.4 B	3.4 B	se ubica el
ROBUST 9 WP 1000 g/100 kg semilla	8.2 B	3.6 B	testigo
Pr > F	< 0.0001	< 0.0001	Segunda (B) se
	C.V: 3.15	C.V: 6.74	ubican las tres
	R <sup>2</sup> : 0.96	R <sup>2</sup> : 0.96	dosis de
			Robust

Medias con letras similares no son estadísticamente diferentes en prueba de Tukey (p>0.05)

Anexo 7. Separación de media Tukey de los tratamientos en el índice de calidad de Dickson

<b>Tratamientos</b>	<b>ICDickson</b>	<b>Categorías</b>
Testigo absoluto	0.30 B	
ROBUST 9 WP 600 g/100 kg semilla	1.19 A	Primera categoría (A) se ubican las tres dosis de Robust
ROBUST 9 WP 800 g/100 kg semilla	1.35 A	
ROBUST 9 WP 1000 g/100 kg semilla	1.38 A	
Pr > F	< 0.0001	Segunda (B) el testigo absoluto
	C.V: 2.72	
	R <sup>2</sup> : 0.98	

Anexo 8. Separación de media Tukey de los tratamientos en el rendimiento kg ha<sup>-1</sup>

<b>Tratamientos</b>	<b>Rendimiento kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>Categorías</b>
Testigo absoluto	562 C	Primera categoría (A) se ubica Robust en dosis de 1000 g/ 100 kg
ROBUST 9 WP 600 g/100 kg semilla	1231 B	
ROBUST 9 WP 800 g/100 kg semilla	1451 B	Segunda (B) se ubica Robust en dosis de 800 y 600 g/100 kg
ROBUST 9 WP 1000 g/100 kg semilla	2177 A	
Pr > F	< 0.0001	Tercera (C) se ubica el testigo absoluto
	C.V: 24.42	
	R <sup>2</sup> : 0.80	