



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EFECTO DE LA COINOCULACIÓN CON *Rhizobium* sp Y  
HONGOS MICORRÍZICOS EN *Phaseolus lunatus*, EN LA  
PARROQUIA MANGLARALTO**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor:** Peter Fernando Suárez Quirumbay.

**LA LIBERTAD, JUNIO 2024**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EFECTO DE LA COINOCULACIÓN CON *Rhizobium* sp. Y  
HONGOS MICORRÍZICOS EN *Phaseolus lunatus*, EN LA  
PARROQUIA MANGLARALTO.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor/a:** Peter Fernando Suárez Quirumbay

**Tutor/a:** Ing. Nadia Quevedo Pinos Ph.D

**LA LIBERTAD, 2024**

## TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **SUÁREZ QUIRUMBAY PETER FERNANDO** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 16/Julio/2024



Firmado electrónicamente por:  
**NADIA ROSAURA  
QUEVEDO PINOS**

---

Ing. Nadia Quevedo Pinos. Ph.D.  
**DIRECTORA DE CARRERA  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**JAVIER OSWALDO SOTO  
VALENZUELA**

---

Blgo. Javier Soto Valenzuela , MSc  
**PROFESORA ESPECIALISTA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**NADIA ROSAURA  
QUEVEDO PINOS**

---

Ing. Nadia Quevedo Pinos. Ph.D.  
**PROFESORA TUTORA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**NADIA ROSAURA  
QUEVEDO PINOS**

---

Ing. Nadia Quevedo Pinos. Ph.D.  
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Washington Perero Vera, Mgtr.  
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO  
SECRETARIO**

## **AGRADECIMIENTOS**

De manera especial, agradezco a la Ing. Nadia Quevedo Pinos, mi tutora de tesis, por su invaluable guía, paciencia y apoyo constante. Sus sabios consejos y su profunda experiencia en el área de investigación, fueron fundamentales para el desarrollo y la culminación exitosa de este trabajo.

También quiero agradecer a Alina Dominguez, Alfredo Constante, Jonathan Caiche, Ángel y Johan Malavé, mis compañeros y amigos quienes con su ayuda me apoyaron al inicio de la investigación, por su colaboración, trabajo en equipo y valiosas ideas.

A Evelyn Valle, Andreina Mejillón, Domenica Romero, Christian Romero, su amistad y apoyo han sido un pilar fundamental durante este proceso de aprendizaje y de formación académica.

A mi familia, especialmente a mis padres, por su apoyo incondicional y por creer siempre en mí. Gracias por motivarme a perseguir mis sueños y por enseñarme el valor del trabajo duro y la perseverancia.

Quiero expresar mi más profunda gratitud a todas las personas que han contribuido de alguna manera a la realización de este trabajo de titulación. Sin su apoyo y colaboración, este logro no habría sido posible.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por su amor incondicional y por ser pilares fundamentales en mi vida. Gracias por creer en mí siempre y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis compañeros de carrera, por las risas, las penas compartidas y el apoyo mutuo durante estos años de estudio.

A mis amigos de la universidad, por hacer de esta etapa una experiencia única e irrepetible.

A mis profesores, por su guía y enseñanza durante mi formación académica. Gracias por transmitirme su conocimiento y pasión por el saber.

A mi tutor de tesis, por su invaluable apoyo y paciencia en la realización de este trabajo. Su orientación ha sido fundamental para mi éxito.

A mí mismo, por la constancia, el trabajo duro y la dedicación que he puesto en este proyecto.

*El éxito es el resultado del esfuerzo y la perseverancia!*

## RESUMEN

El uso de microorganismos benéficos en agricultura se ha presentado como una alternativa viable hacia la producción sustentable. El objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos de la coinoculación de bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium* sp., con hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de *Phaseolus lunatus*. El estudio se conformó por un experimento en condiciones de campo sobre un suelo de textura franco-arcillosa con pH ligeramente alcalino. Se utilizó un delineamiento experimental totalmente al azar con arreglo factorial 2 x 2 con los siguientes tratamientos: 1. Control (T1); 2. Inoculado con bacterias fijadoras de nitrógeno (T2BFN); 3. Inoculado con hongos micorrízicos arbusculares (T3HMA); Coinoculado con HMA + BFN (T4HMA + BFN), cada tratamiento contó con 5 repeticiones. La inoculación con BFN se realizó en dosis de 200 ml de inoculante comercial por cada 10 litros de agua ( $1 \times 10^9$ ) y las de HMA de 5g l<sup>-1</sup> ( $1.2 \times 10^4$  en 100ml). El experimento se estableció en el mes de junio de 2023, las semillas de *Phaseolus lunatus* fueron colocadas a germinar en semilleros y luego trasplantadas a los 15 días después de la emergencia de las plántulas. Se le realizaron evaluaciones de: número de botones florales (NBF), masa seca (MS), peso seco de las semillas (PSS) y número de legumbres por vainas (LPV). Los datos fueron sometidos a análisis de variancia y cuando se encontraron diferencias significativas se aplicó el test de Tukey (p 0,05) para separar las medias en el software SISVAR. Se observó diferencias significativas entre los tratamientos para todas las variables evaluadas, en el caso de la variable NBF durante las 8 evaluaciones los tratamientos T3 y T4 presentaron el mayor NBF; el mayor valor de MS se detectó en el tratamiento T4, seguido del T3 con valores de 95,68g y 72,24 g respectivamente, mientras que el tratamiento no inoculado alcanzó 43,40g; el mayor PSS de 50 semillas se observó en el T4 con 52,4g. Los resultados obtenidos indican que inoculación con HMA y la coinoculación de BFN y HMA incrementó el número de botones florales, el número de legumbres por vaina, el peso seco de las semillas y la masa seca de las plantas inoculadas.

**Palabras clave:** Coinoculación, sinergia, *Phaseolus lunatus*, sostenibilidad, productividad.

## ABSTRACT

The use of beneficial microorganisms in agriculture has been presented as a viable alternative towards sustainable production. The objective of this study was to evaluate the effects of coinoculation of nitrogen-fixing bacteria of the genus *Rhizobium* sp with arbuscular mycorrhizal fungi in the cultivation of *Phaseolus lunatus*. The study consisted of a field experiment on a silty clay loam soil with slightly alkaline pH. A completely randomized experimental design with a 2 x 2 factorial arrangement was used with the following treatments: 1. Control (T1); 2. Inoculated with nitrogen-fixing bacteria (T2BFN); 3. Inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi (T3HMA); 4. Coinoculated with HMA + BFN (T4HMA + BFN), each treatment with 5 replications. The BFN inoculation was carried out at a dose of 200 ml of commercial inoculant per 10 liters of water ( $1 \times 10^9$ ) and the HMA of  $5 \text{ g l}^{-1}$  ( $1.2 \times 10^4$  in 100ml). The experiment was established in June 2023, *Phaseolus lunatus* seeds were germinated in seedbeds and transplanted 15 days after seedling emergence. Ten plants from each plot were evaluated for: number of flower buds (NBF), dry mass (MS), seed dry weight (PSS) and number of legumes per pod (LPV). The data were subjected to analysis of variance and when significant differences were found, Tukey's test ( $p < 0.05$ ) was applied to separate the means in the SISVAR software. Significant differences were observed between treatments for all variables evaluated. In the case of the NBF variable during the 8 evaluations, treatments T3 and T4 presented the highest NBF; the highest MS value was detected in treatment T4, followed by T3 with values of 95.68g and 72.24 g respectively, while the non-inoculated treatment reached 43.40g; the highest PSS of 50 seeds was observed in T4 with 52.4g. The results obtained indicate that inoculation with HMA and co-inoculation of BFN and HMA increased the number of flower buds, the number of legumes per pod, the seed dry weight and the dry mass of the inoculated plants.

**Keywords:** Coinoculation, synergy, *Phaseolus lunatus*, sustainability, productivity.

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“EFECTO DE LA COINOCULACIÓN CON *Rhizobium sp* Y HONGOS MICORRÍMICOS EN *Phaseolus lunatus*, EN LA PARROQUIA MANGLARALTO.”** y elaborado por **Peter Fernando Suárez Quirumbay**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

### **Transferencia de derechos autorales.**

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

---

Firma del estudiante



# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>Problema Científico</b> .....	<b>2</b>
<b>Justificación</b> .....	<b>2</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>3</b>
<i>Objetivo General:</i> .....	3
<i>Objetivos Específicos:</i> .....	3
<b>CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 Phaseolus lunatus L.</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2 Características generales del cultivo</b> .....	<b>4</b>
1.2.1 <i>Origen y distribución</i> .....	4
1.2.2 <i>Fenología</i> .....	4
1.2.3 <i>Características agronómicas</i> .....	5
1.2.4 <i>Manejo integrado de plagas MIP</i> .....	5
1.2.5 <i>Control biológico</i> .....	5
<b>1.3 Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)</b> .....	<b>6</b>
1.3.1 <i>Descripción del género Rhizobium</i> .....	6
1.3.2 <i>Rhizobium y leguminosas</i> .....	7
<b>1.4 Micorrizas Arbusculares</b> .....	<b>7</b>
1.4.1 <i>Interacción de los HMA</i> .....	8
1.4.2 <i>Micorriza Glomus iranicum var. Tenuihypharum</i> .....	8
<b>1.5 Interacción plantas microorganismo</b> .....	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1 Caracterización del área</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2 Materiales, equipos y reactivos</b> .....	<b>11</b>
2.2.1 <i>Material biológico</i> .....	11
2.2.2 <i>Material de campo</i> .....	12
2.2.3 <i>Material de oficina</i> .....	12
2.2.4 <i>Material y equipo de laboratorio</i> .....	13
<b>2.3 Tipo de investigación</b> .....	<b>13</b>
<b>2.4 Diseño de investigación</b> .....	<b>13</b>
2.4.1 <i>Diseño experimental</i> .....	13
<b>2.5 Manejo del experimento</b> .....	<b>15</b>
2.5.5 <i>Control fitosanitario</i> .....	16
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>20</b>
<b>3.1 Efectos de la coinoculación en los parámetros morfológicos de Phaseolus lunatus durante su etapa reproductiva</b> .....	<b>20</b>
3.1.1 <i>Número de botones florales y número de flores</i> .....	21
3.1.2 <i>Llenado de vainas</i> .....	22
3.1.3 <i>Número de vainas</i> .....	22
<b>3.2 Efecto de la coinoculación en los parámetros fisiológicos de Phaseolus lunatus</b>	

3.2.1	<i>Eficiencia micorrízica</i> .....	23
3.3	<b>Efecto de los componentes de rendimiento y caracteres agronómicos <i>Phaseolus lunatus</i></b> .....	24
3.3.1	<i>Porcentaje de biomasa fresca y seca</i> .....	25
3.4	<b>Rendimiento</b> .....	26
3.5	<b>Evaluación de población de insectos y control con <i>Beauveria bassiana</i></b> .....	28
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	30
	<b>Conclusiones</b> .....	30
	<b>Recomendaciones</b> .....	30
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	31
	<b>ANEXOS</b> .....	35

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción de los tratamientos del experimento de coinoculación en el Centro de Apoyo Manglaralto durante 2023.....	13
<b>Tabla 2</b> Fuentes de variación y grados de libertad de los factores considerados en el experimento .....	13
<b>Tabla 3</b> Delineamiento experimental.....	14
<b>Tabla 4</b> Resumen del análisis de la varianza de los parámetros productivos evaluados durante ocho semanas, Botones Florales (BF), Numero de Flores (NF), Llenado de vainas (LLV), Abortos de Vainas (AV).....	20
<b>Tabla 5</b> Promedio del número botones florales de cada tratamiento durante las ocho semanas de evaluación; Control (T1), BFN (T2), HMA (T3), Co-inoculación (T4).....	21
<b>Tabla 6</b> Promedio del número de flores de cada tratamiento durante las ocho semanas de evaluación; Control (T1), BFN (T2), HMA (T3), Co-inoculación (T4). .....	21
<b>Tabla 7</b> Promedio de llenado de vainas de cada tratamiento durante las ocho semanas de evaluación; Control (T1), BFN (T2), HMA (T3), Co-inoculación (T4). .....	22
<b>Tabla 8</b> Promedio del número de vainas de cada tratamiento durante las ocho semanas de evaluación; Control (T1), BFN (T2), HMA (T3), Co-inoculación (T4). .....	23
<b>Tabla 9</b> Resumen del Análisis de la varianza en el número de nódulos y peso de nódulos evaluados a los 40 DDT (Días Después del Transplante) .....	23
<b>Tabla 10</b> Análisis de la varianza en los componentes de rendimiento de <i>Phaseolus lunatus</i> bajo el efecto de inoculación y coinoculación con HMA y BFN .....	25
<b>Tabla 11</b> Resultados de los componentes de rendimiento y caracteres agronómicos de <i>P. lunatus</i> ; Control (T1), BFN (T2), HMA (T3), Co-inoculación (T4). .....	25
<b>Tabla 12</b> Porcentajes de biomasa vegetal fresca (%BF) y seca (%MS) obtenidos en dos cortes del ciclo vegetativo de <i>P. lunatus</i> ; Control (T1), BFN (T2), HMA (T3), Co-inoculación (T4). .....	26
<b>Tabla 13</b> Resumen del análisis de la varianza en el rendimiento por hectárea de <i>Phaseolus lunatus</i> .....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación del área de instalación del ensayo en el Centro de Apoyo Manglaralto (Google Maps, 2023),.....	11
<b>Figura 2</b> Distribución al azar de los tratamientos y repeticiones del experimento establecido .....	14
<b>Figura 3</b> Distanciamiento de siembra .....	15
<b>Figura 4</b> Sistema de riego .....	15
<b>Figura 5</b> Eficiencia micorrízica en <i>Phaseolus lunatus</i> , % IRM (Porcentaje del Índice de Respuesta a la Inoculación Micorrízica), a los 40 DDT y a los 80 DDT; T3 (HMA); T4 (HMA+BFN) .....	24

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> Rendimiento en Kg/Ha Promedio de los tratamientos calculados durante 8 semanas de cosechas.....	27
<b>Gráfico 2</b> Evaluación de la población de <i>Cerotoma ruficornis</i> , tras control con <i>Beauveria bassiana</i> .....	28
<b>Gráfico A3</b> 35 DDT en el desarrollo de botones florales .....	35
<b>Gráfico A4</b> 42 DDT en el desarrollo de botones florales .....	35
<b>Gráfico A5</b> 49 DDT en el desarrollo de botones florales .....	35
<b>Gráfico A6</b> 56 DDT en el desarrollo de botones florales .....	35
<b>Gráfico A7</b> 63 DDT en el desarrollo de botones florales .....	35
<b>Gráfico A8</b> 70 DDT en el desarrollo de botones florales .....	35
<b>Gráfico A9</b> 77 DDT en el desarrollo de botones florales .....	35
<b>Gráfico A10</b> 84 DDT en el desarrollo de botones florales .....	35
<b>Gráfico B11</b> 35 DDT en el desarrollo de número de flores.....	36
<b>Gráfico B12</b> 42 DDT en el desarrollo de número de flores.....	36
<b>Gráfico B13</b> 49 DDT en el desarrollo de número de flores.....	36
<b>Gráfico B14</b> 56 DDT en el desarrollo de número de flores.....	36
<b>Gráfico B15</b> 63 DDT en el desarrollo de número de flores.....	36
<b>Gráfico B16</b> 70 DDT en el desarrollo de número de flores.....	36
<b>Gráfico B17</b> 77 DDT en el desarrollo de número de flores.....	36
<b>Gráfico B18</b> 84 DDT en el desarrollo de número de flores.....	36
<b>Gráfico C19</b> 35 DDT en el desarrollo de llenado de vainas.....	37
<b>Gráfico C20</b> 42 DDT en el desarrollo de llenado de vainas.....	37
<b>Gráfico C21</b> 49 DDT en el desarrollo de llenado de vainas.....	37
<b>Gráfico C22</b> 56 DDT en el desarrollo de llenado de vainas.....	37
<b>Gráfico C23</b> 63 DDT en el desarrollo de llenado de vainas.....	37
<b>Gráfico C24</b> 70 DDT en el desarrollo de llenado de vainas.....	37
<b>Gráfico C25</b> 77 DDT en el desarrollo de llenado de vainas.....	37
<b>Gráfico C26</b> 84 DDT en el desarrollo de llenado de vainas.....	37
<b>Gráfico D27</b> 35 DDT en el desarrollo de número vainas .....	38
<b>Gráfico D28</b> 42 DDT en el desarrollo de número vainas .....	38
<b>Gráfico D29</b> 49 DDT en el desarrollo de número vainas .....	38
<b>Gráfico D30</b> 56 DDT en el desarrollo de número vainas .....	38
<b>Gráfico D31</b> 63 DDT en el desarrollo de número vainas .....	38
<b>Gráfico D32</b> 70 DDT en el desarrollo de número vainas .....	38
<b>Gráfico D33</b> 77 DDT en el desarrollo de número vainas .....	38
<b>Gráfico D34</b> 84 DDT en el desarrollo de número vainas .....	38
<b>Gráfico 35</b> Puesta de Semilleros.....	39
<b>Gráfico 36</b> Identificación de Vectores.....	39
<b>Gráfico 37</b> Identificación de Nódulos y estado de la raíz.....	39
<b>Gráfico 38</b> Obtención del biomasa vegetal seca en estufa .....	40
<b>Gráfico 39</b> Tutorado y limpieza del lugar del experimento.....	40

<b>Gráfico 40</b> Identificación del número de granos por vainas.....	40
<b>Gráfico 41</b> Identificación de daños causados por vectores.....	41
<b>Gráfico 42</b> Pesaje de 50 semillas de cada tratamiento.....	41

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Evaluación morfológica de <i>P. lunatus</i> durante ocho semanas en el desarrollo de producción de botones florales.....	35
<b>Anexo 2</b> Evaluación morfológica de <i>P. lunatus</i> durante ocho semanas en el desarrollo de número de flores.....	36
<b>Anexo 3</b> Evaluación morfológica de <i>P. lunatus</i> durante ocho semanas en el desarrollo de llenado de vainas.....	37
<b>Anexo 4</b> Evaluación morfológica de <i>P. lunatus</i> durante ocho semanas en el desarrollo de número vainas.....	38

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Phaseolus lunatus*, conocido comúnmente como frejol lima en otros países, en Ecuador es conocido como haba pallar o haba manaba por su mayor cultivar en esta provincia; ha sido tradicionalmente importante en la provincia de Santa Elena - Ecuador, debido a su alto valor nutricional y económico (Martínez y Peralta, 2023). Sin embargo, en los últimos años, su producción ha disminuido considerablemente, lo que ha generado preocupación entre los agricultores y la comunidad local.

En este contexto, la presente investigación surge como una propuesta para revitalizar el cultivo de *Phaseolus lunatus* en la parroquia de Manglaralto, mediante la implementación de una estrategia sostenible y amigable con el medio ambiente. La coinoculación con *Rhizobium* y HMA se presenta como una alternativa viable para mejorar la productividad del cultivo, ya que estos microorganismos benéficos pueden proporcionar a las plantas nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo (Palacios et al., 2015). Las bacterias *Rhizobium* sp. tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, mientras que los HMA facilitan la absorción de fósforo y otros nutrientes del suelo (Tajini et al., 2012).

Diversos estudios han demostrado los efectos positivos de la coinoculación con *Rhizobium* sp. y HMA en el rendimiento y parámetros productivos de diferentes cultivos leguminosos. En particular, se ha observado un aumento significativo en el número de flores, vainas, semillas y peso seco de las plantas inoculadas. Además, se ha reportado una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y un mejor desarrollo radicular (Hidalgo et al., 2019).

La coinoculación con *Rhizobium* y HMA ha demostrado ser una estrategia eficaz para mejorar la fijación de nitrógeno en *Phaseolus lunatus*. Las bacterias *Rhizobium* establecen una simbiosis con las leguminosas, formando nódulos en las raíces donde se lleva a cabo el proceso de fijación de nitrógeno atmosférico. La coinoculación ha demostrado tener un efecto positivo en el rendimiento y la calidad de las semillas de *Phaseolus lunatus*. Se ha observado un aumento significativo en el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina, el peso seco de las semillas (Lara et al., 2019).



## **Problema Científico**

¿La coinoculación con bacterias del género *Rhizobium* y hongos micorrízicos arbusculares aumenta el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los frutos de *Phaseolus lunatus*?

## **Justificación**

La investigación propuesta busca revitalizar el cultivo de *Phaseolus lunatus* en la parroquia Manglaralto, Santa Elena - Ecuador, donde este grano de gran valor nutricional y económico fue abandonado años atrás. La coinoculación con *Rhizobium* sp. y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) surge como una alternativa sostenible y amigable con el ambiente para recuperar la productividad de este cultivo, sustituyendo el uso de fertilizantes sintéticos que degradan el suelo y contaminan el medio ambiente.

El objetivo principal de la investigación es evaluar el efecto de la coinoculación con *Rhizobium* sp. y HMA en el rendimiento y parámetros productivos de *Phaseolus lunatus*. Esperando que los resultados obtenidos proporcionen herramientas prácticas para los agricultores de la zona, impulsando el resurgimiento de este cultivo a corto plazo y sentando las bases para su desarrollo sostenible a mediano y largo plazo.

La investigación aportará conocimiento científico sobre el potencial de la coinoculación para mejorar la productividad de *Phaseolus lunatus* en condiciones específicas, contribuyendo al campo de la agronomía sostenible y la agricultura ecológica. La novedad radica en la aplicación de esta técnica en la parroquia Manglaralto, donde no existen estudios previos al respecto, y en la evaluación integral del efecto de la coinoculación en diferentes parámetros productivos.

Los principales beneficiarios de la investigación serán los agricultores de la parroquia Manglaralto, quienes podrán implementar prácticas agrícolas más sostenibles y rentables, aumentando sus ingresos y mejorando su calidad de vida. Además, la comunidad se verá favorecida por el acceso a un alimento nutritivo y de calidad producido de forma responsable con el medio ambiente.

La realización de esta investigación es fundamental para generar conocimiento científico y herramientas prácticas que permitan revitalizar el cultivo de *Phaseolus lunatus* en la parroquia Manglaralto, contribuyendo al desarrollo sostenible de la zona y promoviendo la seguridad alimentaria de la población.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General:***

- ❖ Evaluar el efecto de la coinoculación con bacterias del género *Rhizobium* y hongos micorrízicos arbusculares en el desarrollo y productividad de *Phaseolus lunatus*.

### ***Objetivos Específicos:***

1. Determinar el efecto de la coinoculación sobre las características productivas de *Phaseolus lunatus* como flores, cuajados, y vainas.
2. Evaluar la efectividad de los inóculos mediante el peso seco de la parte aérea y el número de nódulos en las raíces de las leguminosas.
3. Valorar el rendimiento obtenido de acuerdo al inóculo utilizado.

# CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 *Phaseolus lunatus* L.

El frijol pallar, *Phaseolus lunatus* es el segundo cultivo más importante de las especies de *Phaseolus*, después del frijol común *Phaseolus vulgaris*. El frijol pallar es un cultivo importante en términos económicos y agrícolas. Es una especie resistente que puede tolerar una amplia gama de condiciones climáticas, lo que lo hace ideal para el cultivo en las regiones tropicales y subtropicales (Matos, 2019).

El género *Phaseolus* es un grupo de plantas que comprende aproximadamente 400 especies polimórficas, presenta gran diversificación en la forma de sus tallos, vainas, y legumbres debido a una combinación de mutaciones propias y comunes a las especies de *Phaseolus* (Cruz, 2017). Taxonómicamente, el género *Phaseolus* pertenece al orden *Fabales*, familia *Fabaceae*, subfamilia *Faboideae*, tribu *Phaseoleae*, subtribu *Phaseolinae*, y especie *Phaseolus lunatus* L (Gomes et al., 2022).

Es un cultivo utilizado en la agricultura familiar campesina, destinada al autoconsumo (Cruz, 2017). A nivel mundial Estados Unidos es el mayor productor de esta leguminosa con una distribución de 21000 ha y en el Ecuador el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) promueve incrementar la producción y rescatar un cultivo tipo tradicional a través de dos variedades mejoradas: INIAP PORTOVIEJO – 490 (invernará) e INIAP PORTOVIEJO – 491 (veranera), cada una caracterizada por su alta capacidad de producción en época seca y lluviosa (Tello, 2018).

## 1.2 Características generales del cultivo

### 1.2.1 Origen y distribución

Se cree que *P. lunatus* surgió en la región neotropical, con un centro de origen estimado en Guatemala. Sin embargo, existen estudios que proponen que su origen principal está dentro de la región andina, basándose en evidencias moleculares (FAO, 2018). La ancestralidad de esta especie estuvo distribuida por toda América (Martínez y Peralta, 2023).

### 1.2.2 Fenología

Según la (FAO, 2018), establece que la fenología de *P. lunatus* es muy similar al frijol por ser especies del mismo género. En estas se distinguen 10 fases fenológicas: germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada, tercera hoja trifoliada, botón floral, floración, formación de vainas, y su maduración. Cada etapa dura mucho según la variedad, hábitos en el crecimiento y duración del ciclo productivo.

### **1.2.3 Características agronómicas**

Suelos: El pallar en su formar silvestre prefiere suelos ricos en materia orgánica tolerando muy bien la humedad, así como suelos secos, áridos y semiáridos, estableciéndose en altitudes desde el nivel de mar hasta los 2000 msnm (FAO, 2018).

Clima: Posee una notable adaptabilidad a diversos climas y ambientes. Su desarrollo óptimo se da con precipitaciones promedio entre 900 y 1500 mm anuales. Sin embargo, su robusta estructura radicular le permite prosperar incluso en condiciones de baja pluviosidad, con registros de hasta 500-600 mm anuales. Esta característica lo convierte en una especie tolerante a la sequía, especialmente en las variedades volubles, (FAO, 2018).

El pallar se beneficia de una preparación media del suelo, idealmente sin labranza previa o siembra directa sobre rastrojos de cultivos anteriores, cobertura vegetal o abonos verdes incorporados, recomendando un riego previo "riego machaco" para facilitar la preparación del terreno (FAO, 2018).

Labores culturales: Una práctica necesaria es el control estricto del crecimiento de malezas durante los estados iniciales del cultivo, con hasta tres deshierbes manuales con azadas en los primeros 30 a 60 días después de la siembra, luego su follaje exuberante impide el crecimiento de malas hierbas, también se le puede realizar un aporque ligero evitando labores culturales en la etapa de floración porque puede provocar abortos florales (FAO, 2018).

### **1.2.4 Manejo integrado de plagas MIP**

Se caracteriza por un análisis exhaustivo de todas las técnicas disponibles para combatir plagas, seguido de la selección de integración de medidas adecuadas que reduzcan el crecimiento de sus poblaciones, (FAO, 2024). El objetivo del MIP es mantener las poblaciones de plagas y enfermedades por debajo de los niveles de umbral económico, lo que significa que causan daños económicos significativos al cultivo (FAO, 2024).

### **1.2.5 Control biológico**

Según Zumbado y Azofeifa (2018), en el libro "Insectos de Importancia Agrícola", Definen al control biológico como el uso de organismos vivos para combatir plagas, regulando la población de fitófagos sin la intervención del hombre, mediante la presión que ejercen los enemigos presentes en los agroecosistemas, tales como parasitoides y depredadores.

Una opción fitosanitaria alternativa al uso exclusivo de productos químicos es el Control Biológico (CB) empleando microorganismos como agentes de biocontrol (Navone, 2018). Es prometedor y ambientalmente sostenible según (Balcan, 2021) afirmando que, los microorganismos como los hongos entomopatógenos ayudan a controlar a la mayoría de los insectos herbívoros, ya que su acción de contacto de estos agentes microbianos genera la capacidad para romper la cutícula del insecto.

#### *1.2.5.1 Beauveria bassiana*

Es bien sabido que los hongos del género *Beauveria* son altamente efectivos para el control de diversos insectos debido a su capacidad para infectar al hospedero al penetrar en su hemocele, causando su muerte a través de la producción de toxinas (Valbuena et al., 2021).

Según FAO (2019), *Beauveria bassiana* es un habitante natural de la microfauna del suelo. El modo de acción de este agente microbiano es mediante estructuras especializadas llamadas conidióforos que producen esporas (Jaramillo et al., 2015) que se adhieren a la cutícula del insecto.

### **1.3 Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)**

La capacidad de *Rhizobium* como PGPR ha sido objeto de investigación durante muchas décadas (Santillana et al., 2005). Sin embargo, en los últimos años, este campo de estudio ha experimentado un aumento en la atención debido a la creciente demanda de la agricultura sostenible para mejorar la eficiencia de la fijación de nitrógeno mediante el uso de bacterias competitivas que puedan extender los beneficios de la simbiosis a cultivos no leguminosos adicionales (Santillana et al., 2005).

Las rizobacterias son bacterias que viven en la zona de suelo que rodea las raíces de las plantas (rizosfera), esta es rica en nutrientes y microorganismos (Velasco et al., 2020). La inoculación con organismos PGPR promueven el crecimiento vegetal y alivian el estrés, siendo de los grupos de microorganismos más prometedores sobre otros métodos convencionales (Nishu et al., 2022).

#### **1.3.1 Descripción del género *Rhizobium***

Las bacterias pertenecientes del género *Rhizobium* tienen la capacidad de promover la formación de estructuras especializadas denominadas nódulos en las raíces de las plantas leguminosas (Soto et al., 2012). Estos nódulos permiten a las plantas capturar nitrógeno del entorno circundante, y esto es posible gracias a la presencia de un plásmido que contiene la

información genética necesaria para desencadenar el proceso de nodulación (Chicaiza et al., 2020)

Las *Rhizobium* son microorganismos que residen en la zona cercana a las raíces de las plantas, llamada rizosfera, suelen alimentarse de materia orgánica en descomposición, clasificadas como Gram negativas, desempeñan un papel crucial al inducir la formación de nódulos en las raíces de las plantas (Chicaiza et al., 2020). Los beneficios ofrecidos por *Rhizobium* incluyen plantas saludables, incremento en la producción agrícola, reducción de costos de producción gracias al menor uso de fertilizantes y mejoría en la calidad del medio ambiente (Chicaiza et al., 2020).

### **1.3.2 *Rhizobium* y leguminosas**

La simbiosis entre *Rhizobium* y las leguminosas es una colaboración altamente específica en la cual la bacteria infecta de manera regulada a la planta, estableciendo bacteroides en las células del córtex radicular que tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico y luego transferirlo a la planta en forma de amonio (Palacios et al., 2015). La simbiosis entre *Rhizobium* - leguminosas se considera un proceso altamente eficiente en la fijación biológica del nitrógeno atmosférico (FBN) y podría satisfacer hasta el 90% de las demandas de nitrógeno de estas plantas (López et al., 2017).

Se calcula que los índices de FBN mediante la colaboración entre las leguminosas y *Rhizobium* pueden oscilar entre 24 y 584 kilogramos de nitrógeno por hectárea. En ciertos casos, esta simbiosis puede satisfacer hasta el 90% de los requerimientos nutricionales de las plantas (López et al., 2020). En reciprocidad, la planta proporciona a la bacteria un entorno seguro y le suministra sustratos ricos en carbono en forma de ácidos orgánicos (Palacios et al., 2015).

### **1.4 *Micorrizas Arbusculares***

El término micorrizas se relaciona con la existencia de estructuras especializadas conocidas como arbusculos, que emergen en las células corticales de las raíces como un resultado de la interacción entre la planta y el hongo, estos arbusculos actúan como un puente de intercambio de metabolitos, permitiendo una transferencia de nutrientes y compuestos orgánicos que beneficia a ambos participantes en esta unión mutualista (Noda, 2009).

Las MA incrementan significativamente la superficie de absorción de las raíces, permitiendo que la planta tome más agua y nutrientes del suelo, especialmente fósforo, nitrógeno y potasio, esenciales para su desarrollo (Rivas et al., 2015). Además, las MA

ayudan a las plantas a tolerar mejor condiciones de sequía al optimizar la absorción de agua y pueden producir compuestos antimicrobianos que las protegen de enfermedades fúngicas y bacterianas (Rivas et al., 2015). Más allá de esta interacción simbiótica, las micorrizas representan una alianza de gran trascendencia para el ecosistema. Su presencia en el suelo genera un impacto positivo en la salud y productividad de las plantas, potenciando los procesos productivos y contribuyendo a la fertilidad del suelo (Soto et al., 2022).

#### **1.4.1 Interacción de los HMA**

La interacción de los HMA proviene de una interfaz altamente especializada que se encuentra entre la planta y el suelo se denomina micorrizosfera, y en este espacio ocurre la interacción entre las raíces de las plantas, las hifas de los hongos y el suelo (Carrillo et al., 2022). Los hongos reciben compuestos ricos en carbono generados a través de la fotosíntesis, además de encontrar un hábitat y una variedad de nichos ecológicos, mientras que las plantas obtienen agua y nutrientes, particularmente aquellos que tienen movilidad limitada o están escasamente disponibles en el suelo, como el fósforo y el nitrógeno (Soto et al., 2022).

La micorrizosfera representa un ambiente complejo y en constante cambio donde se acumulan los exudados de las raíces y los hongos, los cuales son utilizados por microorganismos que habitan en el suelo (Carrillo et al., 2022). La simbiótica disminuye el estrés causado por factores no biológicos, mejora la estructura del suelo, el movimiento del agua, el intercambio de nutrientes, la captación de nitrógeno y fósforo por parte de las plantas y la capacidad de resistir condiciones de sequía (Arancibia et al., 2022).

Según Arancibia *et al.* (2022), expresa que esta forma de interacción entre las plantas y hongos es una táctica que posibilita eludir las consecuencias adversas ocasionadas por varios tipos de tensiones ambientales.

#### **1.4.2 Micorriza *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum***

*Glomus* es el género más común y diverso de hongos micorrízicos arbusculares. Se caracteriza por formar estructuras ramificadas dentro de las células de las raíces de la planta, aumentando significativamente la superficie de absorción (Rivas et al., 2015).

*Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum* es un tipo único de hongo formador de micorrizas arbusculares (HMA) que establece una relación simbiótica con la planta, lo que significa que se desarrolla una colaboración beneficiosa mutua en la que el hongo suministra agua y nutrientes a la planta a cambio de recibir azúcares generados a través de la fotosíntesis (Pravia, 2023).

Esta cepa se muestra altamente adaptable y resistente a condiciones salinas y soluciones fertilizantes con elevada conductividad eléctrica (Juarez & Fernandez, 2016).

Según Saltos (2021), el hongo es un microorganismo simbiótico con dos tipos de micelio, uno extendido fuera de las raíces de la planta y otro que penetra en las raíces. El primer tipo de micelio se encarga de absorber los nutrientes presentes en la zona cercana a las raíces, conocida como rizosfera. Mientras tanto, el micelio intrarradical tiene la función de transportar los nutrientes hacia el interior de las células radiculares y también de captar los nutrientes necesarios para el propio crecimiento de los hongos formadores de micorrizas arbusculares.

### **1.5 *Interacción plantas microorganismo***

En la mayoría de los casos, las plantas albergan una variedad de microorganismos, entre ellos hongos y bacterias, que reciben el nombre de endófitos (Pérez, 2017). La variedad de microorganismos y su influencia en la calidad del suelo, el ciclo de nutrientes en el suelo facilitado por la actividad de los microorganismos, su función esencial en el fomento del crecimiento de las plantas y su posibilidad de utilizarlos en aplicaciones biotecnológicas como alternativa para enriquecer la sostenibilidad y la calidad del suelo (Pedraza et al., 2010).

### **1.6 *Interacción PGPR-HMA***

La relación entre organismos más grandes y cultivos puede ser positiva en muchas situaciones, y esto suele depender mucho de la cantidad de compuestos exudados por las plantas. Esta cooperación entre los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) mejora la colonización de las plantas (Ahemad y Kibret, 2014).

#### **1.6.1 *Coinoculación***

Esta técnica consiste en la inoculación conjunta de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) al suelo o a las semillas de las plantas (Hoysted et al., 2018). Se fundamenta en la fascinante y beneficiosa interacción entre estos dos tipos de microorganismos, la cual tiene el potencial de impulsar el crecimiento vegetal y fortalecer la salud del suelo (Hoysted et al., 2018).

La coinoculación se presenta como una estrategia agrícola con un amplio abanico de ventajas para las plantas (Lara et al., 2019) Esta técnica no solo potencia el crecimiento y



desarrollo vegetal, sino que también brinda protección contra enfermedades y mejora la fertilidad del suelo (Trejo et al., 2021).

La coinoculación se erige como una herramienta agrícola prometedora para optimizar el crecimiento, rendimiento y salud de las plantas, al tiempo que promueve prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente (Hoysted et al., 2018). La selección adecuada de los microorganismos y la aplicación bajo las condiciones óptimas son claves para maximizar los beneficios de esta técnica innovadora (Lara et al., 2019).

## CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Caracterización del área

El ensayo se realizó durante los meses de abril a julio del 2023 en el Centro de Apoyo Manglaralto de la facultad de Ciencias Agrarias de la UPSE, ubicada en la parroquia Manglaralto, Santa Elena – Ecuador, ubicado en:  $-1.842933^{\circ}$  de latitud sur y  $-80.741366^{\circ}$  de latitud oeste a xxx msnm. El clima de la zona se clasifica como tropical seco, con una temperatura promedio anual de  $25^{\circ}\text{C}$  y una precipitación promedio anual de 500 mm (INAMHI, 2021). Los suelos son de textura franco-arenosa, con un pH de 6.5 (Gonzabay, 2021) y una topografía plana, con una pendiente de 0 a 5% (INEC, 2021).



**Figura 1** Ubicación del área de instalación del ensayo en el Centro de Apoyo Manglaralto (Google Maps, 2023),

El suelo de área en estudio se caracteriza por ser de textura franca arenosa de textura fina, con un contenido de arena entre 25 y 50%, un pH de 7,2 (ligeramente alcalino) y un contenido de MO del 2% (Bajo) (Borbor 2021).

La preparación del suelo se realizó por laboreo mínimo, únicamente se crearon condiciones en el suelo para el establecimiento de las plántulas.

### 2.2 Materiales, equipos y reactivos

#### 2.2.1 Material biológico

Se utilizó como material vegetal semillas recicladas de frijol pallar (*Phaseolus lunatus* L.) procedente del sector agrícola de Velazco Ibarra, cantón La Libertad de la provincia de Santa Elena.

Como inoculante rizobiano se utilizó el producto comercial “*Rhizobium* spp BFN”. Inoculante de uso agrícola y ambiental de la marca BIOGEN, compuesto por esporas a partir de cepas de bacterias *Rhizobium* spp., en concentración de  $1 \times 10^9$  unidades formadoras de colonias.

Como inoculante micorrízico se utilizó el producto comercial MycoUp, Bioestimulante formados de micorrizas producido por SIMBORG Este producto esta formulado con hongos micorrízicos *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum*, en una concentración de  $1.2 \times 10^4$  propágulos por cada 100ml.

Para el control de insectos nocivos se utilizó el producto comercial B.B-PLUS a base de *Beauveria bassiana*, un hongo entomopatógeno producido por BIOTRINING. El producto se aplicó mediante fumigación cada 15 días con una dosis de 300ml en 15 litros de agua, a una concentración de  $1 \times 10^8$  conidias por gramos. Se realizó un monitoreo constante de las poblaciones de plagas, para detectar oportunamente cualquier brote y tomar las medidas necesarias para su control.

### **2.2.2 *Material de campo***

- Bandejas germinadoras 50 alveolos
- Palas y herramientas agrícolas
- Alambre
- Estacas
- Semillas
- Inoculantes HMA y BFN
- Equipo para el sistema de riego
- Rótulos de madera

### **2.2.3 *Material de oficina***

- Computadora portátil
- Libreta de campo
- Impresora
- Cámara digital
- Bolígrafo

#### 2.2.4 Material y equipo de laboratorio

- Estufa: modelo GX125BE
- Balanza electrónica

### 2.3 Tipo de investigación

La investigación se caracterizó por ser de tipo experimental ya que se manipula variables independientes (Inoculación con BFN y HMA), para observar su efecto en variables dependientes (características productivas de *Phaseolus lunatus*).

Este tipo de investigación permitió establecer relaciones causa – efecto entre las variables, lo cual es fundamental para comprender los mecanismos que subyacen al desarrollo y productividad de *Phaseolus lunatus* en las condiciones específicas de la parroquia Manglaralto.

### 2.4 Diseño de investigación

#### 2.4.1 Diseño experimental

Se optó por un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2 con 4 tratamientos y 5 repeticiones por tratamiento. Los factores fueron la inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno (inoculadas y no inoculadas) y la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (inoculadas y no inoculadas). Los tratamientos se conformaron como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos del experimento de coinoculación en el Centro de Apoyo Manglaralto durante 2023.

Tratamiento	Código	Tratamientos		Descripción
		HMA	BFN	
1	T1 control	-	-	Testigo sin inoculación
2	T2 BFN	-	+	Inoculación con BFN
3	T3 HMA	+	-	Inoculación con HMA
4	T4 BFN+HMA	+	+	Coinoculación BFN + HMA

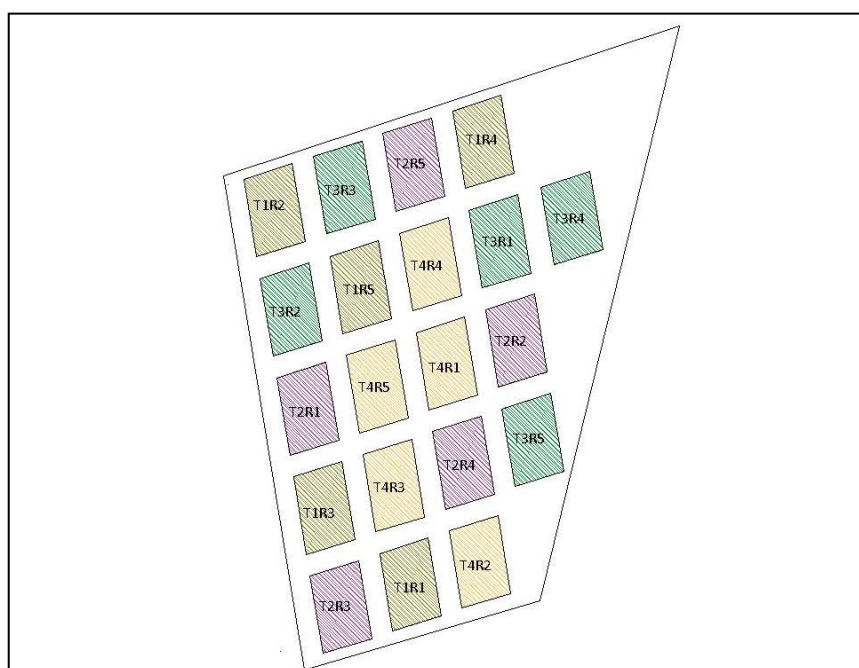
**Tabla 2** Fuentes de variación y grados de libertad de los factores considerados en el experimento

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	3
Repeticiones	4
BFN	1
HMA	1
BFN + HMA	1
Error	12
Total	19

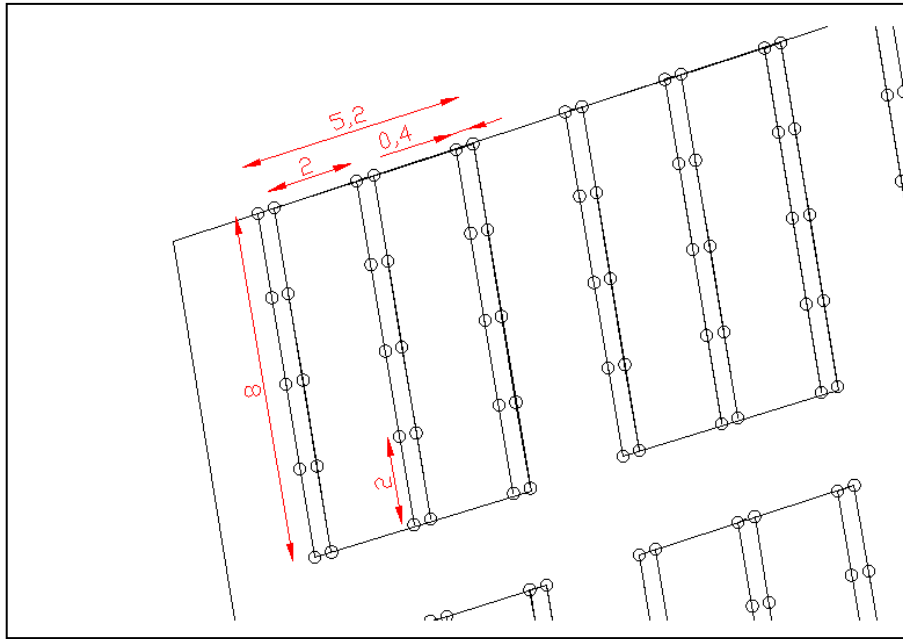
Se utilizó un área total de  $1881.45 \text{ m}^2$ , cada parcela estuvo constituida por un área útil de  $19.2 \text{ m}^2$  (Tabla 3), los tratamientos fueron distribuidos como se muestra en la (Figura 1).

**Tabla 3** Delineamiento experimental

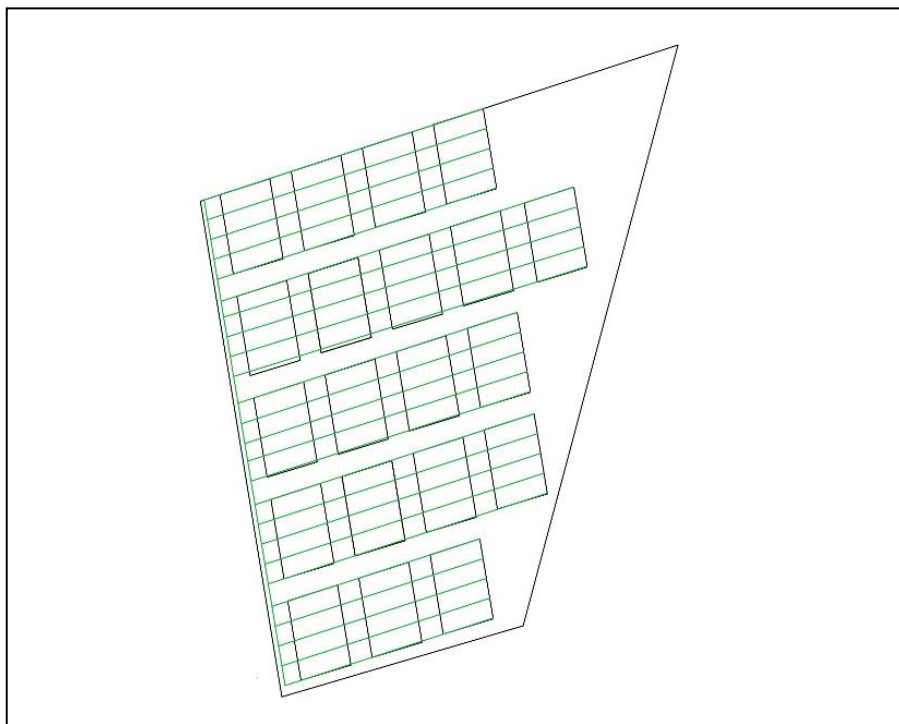
<b>Diseño experimental</b>	<b>DCA con arreglo factorial 2x2</b>
Tratamientos	4
Repeticiones	5
Número total de parcelas	20
Área total de la parcela (5.2 x 8)	$41.6 \text{ m}^2$
Área útil de la parcela (2.4x8)	$19.2 \text{ m}^2$
Efecto de borde	3 m
Distancia entre parcela	3 m
Distancia de siembra	2 x 0.40 x 1.5
Longitud de la línea de siembra (En doble hilera)	8 m
Número de hileras por parcela (En doble hilera) (3 x 2)	6
Número de planta por sitio	1
Número de planta por línea (En doble hilera) (5 x 2)	10
Número de planta por parcela (10 x 3)	30
Número de plantas del experimento (30 x 20)	600
Área neta del ensayo (41.6 x 20)	$832 \text{ m}^2$
Área total del ensayo	$1881.45 \text{ m}^2$



**Figura 2** Distribución al azar de los tratamientos y repeticiones del experimento establecido



**Figura 3** Distanciamiento de siembra



**Figura 4** Sistema de riego

## 2.5 Manejo del experimento

### 2.5.1 Preparación del terreno y siembra

Para preparar los semilleros se utilizó fibra de coco como sustrato en bandejas germinadoras de 50 alveolos. Las semillas se plantaron a una profundidad de 1 cm y se

cubrieron con una capa de fibra. Los semilleros se mantuvieron en un vivero artesanal a una temperatura promedio de 25 °C y una humedad relativa del 75% durante abril de 2023.

Las plantas se trasplantaron a campo abierto a los 15 días de germinadas. Para ello, se preparó previamente el suelo con azadón. Se hizo un hoyo de 15 cm de profundidad y se trasplantó una planta por hoyo en doble hilera a una distancia entre planta de 2 m, 0.40 distancia de la doble hilera y 1.5 distancia entre las hileras.

### **2.5.2 Manejo de inoculantes**

La inoculación se realizó con micorriza y *Rhizobium* de manera intercalada para no interferir en los procesos simbióticos.

El *Rhizobium* se inoculó 3 días después del trasplante (DDT) en el suelo previamente humedecido. Se utilizó una dosis de 200 ml de inoculante líquido en 10 litros de agua. El inoculante se aplicó en drench en un radio de 25 cm alrededor de la base del tallo de la planta.

La micorriza se inoculó 5 días después de la inoculación con *Rhizobium*. Se utilizó una dosis por parcela de 5 g de inoculante en un litro de agua. El inoculante se aplicó en drench en el mismo radio de 25 cm alrededor de la base del tallo de la planta.

### **2.5.3 Labores culturales del cultivo**

Se realizó el tutorado de las plantas de frejol pallar a los 25 días después del trasplante, utilizando caña guadúa de 2 metros de altura. Las cañas se ataron en filas con alambre y después las plantas se amarraron a la línea de alambre a 1,70 metros, para quedar bien sujetas. El tutorado permitió que las plantas se desarrollaran de manera vertical, lo que facilitó el control de malezas y la cosecha.

### **2.5.4 Riego**

El riego se realizó a capacidad de campo, es decir, al nivel máximo de humedad del suelo después del drenaje. En este estado, los poros grandes del suelo contenían agua y aire, mientras que los poros más pequeños estaban repletos de agua. Se realizaron riegos periódicos para mantener la humedad aprovechable, o antes de que el suelo llegara a su punto de marchitez permanente.

### **2.5.5 Control fitosanitario**

Para el control de plagas se utilizó el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, el cual se aplicó mediante fumigación cada 15 días. Se realizó un monitoreo constante de las poblaciones de plagas, para detectar oportunamente cualquier brote y tomar las medidas necesarias para su control.

## 2.6 Parámetros evaluados

### 2.6.1 Morfológicos y Productivos

**Número de botones florales:** El número de yemas florales en *Phaseolus lunatus* se contabilizó mediante una inspección visual de cada planta ubicada dentro del área útil de cada tratamiento. Se realizó el conteo cada 7 días durante 8 semanas, comenzando a partir de la aparición del primer brote de yema floral. Se contaron todas las yemas florales axilares y terminales de la planta, incluidas las que estaban en desarrollo y las que estaban abiertas. El número de yemas florales se registró para cada planta y se promedió para cada tratamiento.

**Número de flores:** El número de flores en *Phaseolus lunatus* se contabilizó mediante una inspección visual de cada planta ubicada dentro del área útil por tratamiento en cada repetición. Se realizó el conteo cada 7 días durante 8 semanas en el inicio del período de floración. Se contaron todas las flores abiertas de la planta, incluidas las en desarrollo y las abiertas. El número de flores se registró para cada planta y se promedió para cada tratamiento.

**Número de cuajados:** Se contabilizó mediante una inspección visual de cada planta ubicada dentro del área útil por tratamiento en cada repetición. En el período de floración se realizó un conteo en las 8 semanas de evaluación, contando todas las vainas formadas a partir de flores fecundadas. El cuajado de vainas se expresó como un porcentaje del número total de flores abiertas.

**Número de vainas** Se realizó una inspección visual minuciosa de cada tratamiento dentro del área útil por tratamiento de cada repetición. Identificando todas las vainas presentes en la planta independientemente de su estado de desarrollo (inmaduras, maduras, o secas). La evaluación se llevó a cabo cada 7 días durante 8 semanas, coincidiendo con el periodo de formación y desarrollo de las vainas.

**Longitud de Vainas:** La longitud de vainas en *Phaseolus lunatus* se contabilizó mediante una medición directa con una regla graduada. Se midieron todas las vainas de cada planta ubicada dentro del área útil por tratamiento en cada repetición. La longitud de vainas se registró para cada planta y se promedió para cada tratamiento.

**Número de legumbres por vaina:** El número de legumbre por vaina en *Phaseolus lunatus* se contabilizó mediante una inspección visual de cada vaina ubicada dentro del área útil por tratamiento en cada repetición. Se realizó el conteo al final de las 8 semanas de



evaluación, contando el número de legumbres que se encontraban en cada vaina. El número de legumbre por vaina se registró para cada planta y se promedió para cada tratamiento.

**Peso seco de 50 semillas:** El peso seco de 50 semillas en *Phaseolus lunatus* se contabilizó mediante una medición directa con una balanza digital. Se pesaron 50 semillas de las vainas recolectadas de cada tratamiento ubicadas dentro del área útil de cada repetición. Se registró y promedió el peso de las 50 semillas por tratamiento.

**Rendimiento por hectárea:** El rendimiento por ha de *Phaseolus lunatus* se calculó a partir del peso seco de 50 semillas, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento t. ha} = \frac{\text{Peso seco de 50 semillas (g)}}{1000 * \text{Area util (ha)}} * \text{numero de plantas por ha}$$

El rendimiento por ha se expresó en toneladas por hectárea.

### 2.6.2 *Incidencia y control de insectos plaga*

**Evaluación de población de insectos y control con *Beauveria bassiana*:** Se evaluó el efecto de tres aplicaciones de *Beauveria bassiana*, cada 15 días, para el control de insectos plaga Crisomélidos en *Phaseolus lunatus*. Las aplicaciones se realizaron a los 40, 55 y 70 días después de la coinoculación.

La densidad poblacional del crisomélido se contabilizó antes de la primera fumigación con el hongo entomopatógeno para determinar la densidad de infestación inicial.

Dos días después de cada aplicación de *Beauveria bassiana* (a los 42, 57, y 72 días después de la coinoculación), se realizó un nuevo conteo de la población de crisomélidos en cada parcela. Este monitoreo periódico permitió evaluar el impacto del hongo entomopatógeno sobre la densidad de las plagas a lo largo del tiempo.

El conteo del crisomélido se realizó dentro del área útil de la parcela por tratamiento en cada repetición. Se recorrió cuidadosamente la parcela y se contaron todos los individuos de crisomélidos observados, tanto en las plantas como en el suelo.

### 2.6.3 *Eficiencia de la coinoculación*

**Número de nódulos:** De las plantas seleccionadas de *P. Lunatus* se realizó una excavación cuidadosa alrededor de la base del tallo a una profundidad de 20 cm, donde se procedió con la limpieza de la raíz eliminando con el suelo adherido, y usando unas pinzas se comenzó con la extracción de los nódulos. Esta variable se evaluó a los 40 DDT.

**Pesaje de nódulos:** Se colocó el grupo de nódulos obtenidos por planta evaluada de cada repetición por tratamiento en un recipiente prepesado y se registró su peso en la balanza electrónica.

**Eficiencia micorrízica:** Se determinó tomando como referencia la metodología utilizada por Trejo et al., (2021) en su investigación con hongos micorrízicos, en la que demuestran la “Respuesta de la Inoculación Micorrízica” utilizando la siguiente formula;

$$IRM = \frac{\text{Peso de planta inoculada} - \text{peso de planta no inoculada}}{\text{Peso de planta inoculada}} * 100$$

*IRM = Índice de respuesta a la inoculación micorrízica (%)*

## **2.7 Análisis estadístico de los resultados**

Los resultados se obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza con el test F con el programa estadístico SISVAR (Ferreira, 2019). Cuando los efectos fueron significativos se aplicó el test de Tukey para la comparación de medias El nivel de significancia se estableció en con un nivel de significancia de  $p < 0,05$ . Los gráficos se elaboraron con ayuda del software Microsoft Excel.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Efectos de la coinoculación en los parámetros morfológicos de *Phaseolus lunatus* durante su etapa reproductiva

En la Tabla 4 se presenta el resumen de análisis de la varianza de los parámetros morfológicos de *P. lunatus* durante su etapa reproductiva evaluadas durante ocho semanas, 35 días después del trasplante (DDT), 26 días después de la inoculación (DDC). Se observaron diferencias significativas en todas las variables evaluadas durante las ocho semanas.

En relación con los botones florales (BF) y número de flores (NF) se mostró diferencias muy significativas ya que a los 35, 42, 49 DDT presentaron un desarrollo precoz de botones florales y número de flores en los tratamientos con micorriza. La variable de llenado de vaina (LIV) mostró igualmente resultados muy significativos durante los 42 y 49 días después del trasplante (DDT), ya que por el desarrollo precoz de flores este mostro diferencias significativas en los tratamientos que utilizaron micorriza.

En la variable de aborto de vaina (AV) no se presentó una diferencia estadística a los 77 días después del trasplante (DDT), diferenciando a los demás tratamientos que si presentaron diferencias significativas.

**Tabla 4.** Resumen del análisis de la varianza de los parámetros productivos evaluados durante ocho semanas, Botones Florales (BF), Numero de Flores (NF), Llenado de vainas (LLV), Abortos de Vainas (AV)

Cuadrados Medios																
CV	Parámetros Morfológicos Productivos															
	35 DDT	Pr>Fc	42 DDT	Pr>Fc	49 DDT	Pr>Fc	56 DDT	Pr>Fc	63 DDT	Pr>Fc	70 DDT	Pr>Fc	77 DDT	Pr>Fc	84 DDT	Pr>Fc
BF	109.998**	0.0000	119.321**	0.0000	177.593**	0.0000	90.293*	0.0000	38.692*	0.0000	34.172*	0.00000	29.939*	0.0000	43.685*	0.0000
NF	178.536**	0.0000	201.821**	0.0000	361.437**	0.0000	121.669*	0.0000	101.39*	0.0000	56.131*	0.0000	27.571*	0.0000	76.578*	0.0000
LIV	0.0000	0.0000	177.794*	0.0000	290.942**	0.0000	82.877*	0.0000	101.013*	0.0000	85.218*	0.0000	52.133*	0.0000	115.87*	0.0000
AV	0.0000	0.0000	91.032*	0.0000	27.016*	0.0000	49.367*	0.0000	14.288*	0.0003	4.984*	0.0179	2.771 <sup>ns</sup>	0.0874	8.137*	0.0032
NV	0.0000	0.0000	411.951**	0.0000	429.716**	0.0000	83.727*	0.0000	162.131*	0.0000	97.747*	0.0000	94.912*	0.0000	116.061*	0.0000

\*Significativo; \*\*Muy significativo; <sup>ns</sup> no significativo >0.05

### 3.1.1 Número de botones florales y número de flores

La Tabla 5 presenta los valores medios del número de botones florales en los 4 tratamientos evaluados durante las ocho semanas de investigación. Se observa una precocidad en la producción de botones florales en los T3 y T4 a los 35 días después del transplante (DDT). El tratamiento T2 presentar sus primeros botones florales a los 42 (DDT), mientras que el T1 aún no presenta botones florales hasta los 49 DDT. Esta tendencia se mantiene existiendo diferencias estadísticamente significativas hasta los 84 DDT, donde la diferencia promedio entre control (T1) y del coinoculado (T4) es de 3.25 botones florales.

**Tabla 5** Promedio del número botones florales de cada tratamiento durante las ocho semanas de evaluación; Control (T1), BFN (T2), HMA (T3), Co-inoculación (T4).

	BOTONES FLORALES							
	35 DDT	42 DDT	49 DDT	56 DDT	63 DDT	70 DDT	77 DDT	84 DDT
T1 control	0.00 b	0.00 d	1.40 d	2.67 c	3.15 c	4.00 c	4.40 c	4.75 c
T2 BFN	0.00 b	1.60 c	2.43 c	3.87 b	4.70 b	5.30 b	5.80 b	6.55 b
T3 HMA	1.37 a	2.03 b	3.77 b	4.97 a	5.60 ab	6.40 a	6.75 a	7.00 b
T4 BFN+HMA	1.43 a	2.50 a	4.20 a	5.00 a	5.45 a	6.50 a	6.90 a	8.00 a
CV%	24.63	14.52	7.27	6.31	8.53	8.05	7.88	6.99

Las medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, según el test de Tukey ( $p>0,05$ )

En la Tabla 6 se observa que los valores están relacionados con la producción de botones florales, resaltando la precocidad de producción de flores durante los 35 DDT. Además, se observa que a los 35 DDT en el T4 el número de flores es mayor al T3 y a los 84 DDT la producción de flores del T4 (HMA+BFN) es el doble comparando con el T1 (Control), lo que resalta que la coinoculación tuvo un posible efecto en la estimulación número de flores.

**Tabla 6** Promedio del número de flores de cada tratamiento durante las ocho semanas de evaluación; Control (T1), BFN (T2), HMA (T3), Co-inoculación (T4).

	NUMERO DE FLORES							
	35 DDT	42 DDT	49 DDT	56 DDT	63 DDT	70 DDT	77 DDT	84 DDT
T1 control	0.00 c	0.00 d	8.07 d	14.80 c	18.65 c	24.20 c	27.00 c	26.20 c
T2 BFN	0.00 c	7.53 c	13.23 c	22.10 b	28.35 b	31.90 b	34.90 b	38.60 b
T3 HMA	2.70 b	13.07 b	23.37 b	29.67 a	31.75 a	38.85 b	38.65 ab	41.50 b
T4 BFN+HMA	6.57 c	15.07 a	25.20 a	29.47 a	31.70 a	35.20 a	41.40 a	45.60 a
CV%	22.43	11.91	5.51	5.97	4.97	5.72	7.50	5.62

Las medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, según el test de Tukey ( $p>0,05$ )

Un posible efecto de esta precocidad en la floración puede ser por el uso del HMA, en el caso de esta investigación se utilizó la cepa *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum*, tomando en cuenta que los HMA de este género tienden a tener resultados significativos al ser inoculado en algún organismo vegetal.

Esta característica en la precocidad de botones florales es parecidos a los de Arriaga et al., (2009), en la que demuestra que el utilizar HMA acorta la apertura del botón floral. En relación con el desarrollo de número de flores los resultados obtenidos en esta investigación son similares a los de Rivas et al., (2015) en la que evaluó cuatro cepas micorrízicas del género *Glomus* comparándolos ante un testigo, demostrando que al utilizar HMA del género *Glomus* se obtiene resultados significativos en la producción de flores.

### 3.1.2 Llenado de vainas

La Tabla 7 revela que, a los 42 DDT, los tratamientos T3 y T4 presentan un promedio de flores cuajadas significativamente mayor al de los demás tratamientos. Esta tendencia se mantiene hasta los 84 DDT, existiendo una diferencia promedio de 19.2 flores cuajadas (Llenado de vainas) entre el tratamiento control (T1) y el coinoculado (T4), evidenciando diferencias significativas entre los cuatro tratamientos.

**Tabla 7** Promedio de llenado de vainas de cada tratamiento durante las ocho semanas de evaluación; Control (T1), BFN (T2), HMA (T3), Co-inoculación (T4).

	LLENADO DE VAINA							
	35 DDT	42 DDT	49 DDT	56 DDT	63 DDT	70 DDT	77 DDT	84 DDT
T1 control	0.00 a	0.00 c	5.90 d	11.63 c	13.45 c	17.30 d	19.70 c	18.80 c
T2 BFN	0.00 a	5.33 b	9.73 c	16.53 b	21.55 b	24.50 c	27.10 b	29.85 b
T3 HMA	0.00 a	9.97 a	18.73 b	24.43 a	26.30 a	32.30 a	32.25 a	34.75 a
T4 BFN+HMA	0.00 a	11.53 a	20.57 a	24.07 a	25.80 a	29.20 b	34.60 a	38.00 a
CV%	0	12.97	6.73	7.95	6.07	6.12	7.19	5.75

Las medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, según el test de Tukey ( $p > 0,05$ )

### 3.1.3 Número de vainas

En la Tabla 9 se presentan resultados significativos después de los 49 DDT en lo que respecta a la producción de vainas. Se observa que los inoculante utilizados tuvieron un efecto positivo y significativo en esta variable. Además, se destaca que, a los 84 DDT, el T4 (coinoculado) presenta una producción de vainas que duplica la del T1 (control), con una diferencia de 20,9 vainas.

**Tabla 8** Promedio del número de vainas de cada tratamiento durante las ocho semanas de evaluación; Control (T1), BFN (T2), HMA (T3), Co-inoculación (T4).

NUMERO DE VAINAS								
	35 DDT	42 DDT	49 DDT	56 DDT	63 DDT	70 DDT	77 DDT	84 DDT
T1 control	0.00 a	0.00 d	7.20 c	12.07 c	9.13 c	11.93 d	13.67 c	20.20 d
T2 BFN	0.00 a	2.97 c	9.80 b	17.07 b	15.27 b	17.40 c	19.53 b	31.85 c
T3 HMA	0.00 a	5.57 b	20.00 a	25.37 a	18.40 a	22.23 a	21.57 a	37.35 b
T4 BFN+HMA	0.00 a	11.27 a	21.03 a	25.20 a	18.33 a	19.77 b	23.30 a	41.10 a
CV%	0	10.66	5.23	7.99	5	5.58	4.93	5.80

Las medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, según el test de Tukey (p>0,05)

Estos resultados contrastan con los de (Rodríguez et al., 2019) donde demuestran que se obtuvo un mejor resultado de números de vainas en los tratamientos coinoculados.

### 3.2 Efecto de la coinoculación en los parámetros fisiológicos de *Phaseolus lunatus*

En el análisis de la varianza de la tabla 9 se observan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en cuanto al número y peso de nódulos evaluados a los 40 días después del trasplante (DDT). Sin embargo, no se observan diferencias significativas entre las repeticiones dentro de cada tratamiento.

Esto significa que la variabilidad en el número y peso de nódulos se debe principalmente a los diferentes tratamientos, y no a la variabilidad aleatoria dentro de cada tratamiento.

**Tabla 9** Resumen del Análisis de la varianza en el número de nódulos y peso de nódulos evaluados a los 40 DDT (Días Después del Trasplante)

Cuadrados medios					
FV	Numero de nódulos y Peso de nódulos				
	GL	NN 40 DDT	Pr>Fc	PN 40 DDT	Pr>Fc
TRATAMIENTOS	3	6.798*	0.0062	29.582*	0.0000
REPETICION	4	0.858 <sup>ns</sup>	0.5161	1.113 <sup>ns</sup>	0.3950
Error	12				
Total, corregido	19				
CV (%) =		17.18		17.16	
Media general:		24.1		10.3235	

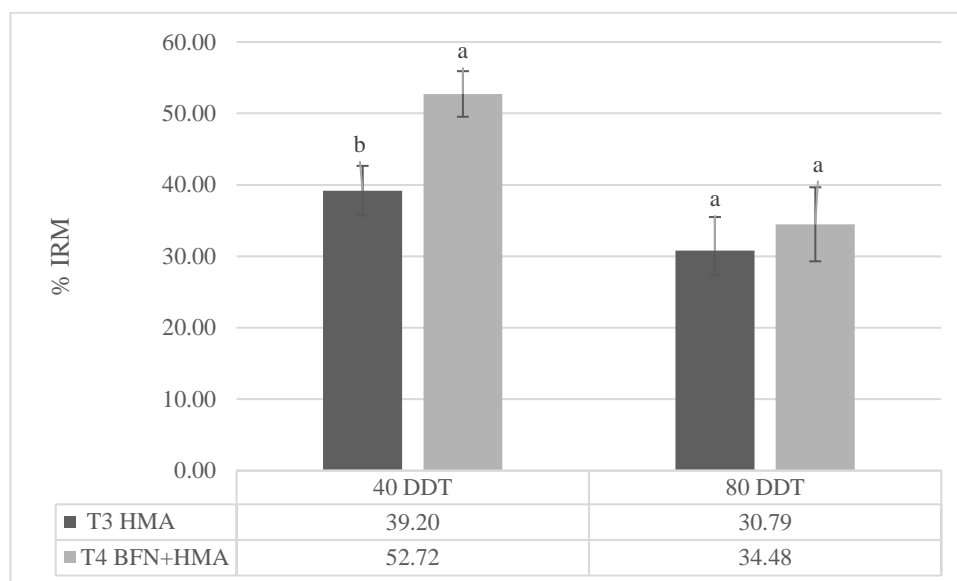
\*Significativo; \*\*Muy significativo; <sup>ns</sup> no significativo >0.05

#### 3.2.1 Eficiencia micorrízica

La coinoculación de micorriza y *Rhizobium* T4 (Coinoculación) tuvo un efecto positivo en el porcentaje del Índice de Respuesta a la Inoculación Micorrízica (%IRM), resultando más eficiente a los 40 días después del trasplante (DDT) superando en 52.72%

al tratamiento con únicamente inoculación micorrízica. A los 80 DDT la diferencia entre los tratamientos coinoculados e inoculados únicamente con micorrizas fue menor 30.79%, y se registró una reducción de 18.24% en el IRM en relación a los 40 DDT.

Esto podría atribuirse al establecimiento una red micorrízica eficiente por parte de la planta a los 80 DDT, lo que potencialmente reduce la dependencia de la fijación de nitrógeno por parte del *Rhizobium* durante esta etapa posterior del desarrollo (Tajini et al., 2012). Sin embargo, se necesitan más investigaciones para determinar la efectividad de este efecto sinérgico entre dos microorganismos.



**Figura 5** Eficiencia micorrízica en *Phaseolus lunatus*, % IRM (Porcentaje del Índice de Respuesta a la Inoculación Micorrízica), a los 40 DDT y a los 80 DDT; T3 (HMA); T4 (HMA+BFN)

Los resultados demuestran que la coinoculación, indujo un aumento significativo en el número y peso de nódulos en las raíces de *Phaseolus lunatus*, observándose diferencias significativas a los 40 días después del trasplante (DDT).

### 3.3 Efecto de los componentes de rendimiento y caracteres agronómicos *Phaseolus lunatus*

En el análisis de la varianza de la Tabla 11 se observa los resultados de los caracteres agronómicos y rendimiento del *P lunatus* mostrando diferencias significativas entre los tratamientos. Se encontraron diferencias en el rendimiento, longitud de vainas, el número de legumbre o grano por vaina, y el peso seco de 50 semillas.

**Tabla 10** Análisis de la varianza en los componentes de rendimiento de *P lunatus* bajo el efecto de inoculación y coinoculación con HMA y BFN

<b>Cuadrados medios</b>		
<b>Caracteres agronómicos en <i>Phaseolus lunatus</i></b>		
	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Rendimiento	37.18*	0.0000
Longitud De Vainas	550.67*	0.0000
Numero De Legumbre Por Vaina	44.00*	0.0000
Peso Seco 50 Semillas	37.18*	0.0000

\*Significativo; \*\*Muy significativo; <sup>ns</sup> no significativo >0.05

En la Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos en el rendimiento, longitud de vainas, número de legumbre o grano por vaina y el peso de 50 semillas. Se observa una diferencia significativa de 105.67 kg/ha en el rendimiento entre el control (T1) y el coinoculado (T4). En cuanto a la longitud de la vaina la diferencia promedio es de 3.86 cm. En el número de legumbre o granos por vaina, la diferencia promedio es de 1.71 grano/vaina, mientras que en el peso de las 50 semillas la diferencia promedio es de 16.6 gramos.

**Tabla 11** Resultados de los componentes de rendimiento y caracteres agronómicos de *P. lunatus*; Control (T1), BFN (T2), HMA (T3), Co-inoculación (T4).

	<b>Rendimiento/ha</b>	<b>Longitud de vainas</b>	<b>N° de Legumbre/vaina</b>	<b>Peso 50 semillas</b>
T1 control	337.73 c	9.87 c	2.93 c	35.80 c
T2 BFN	426.41 b	11.88 b	3.67 b	45.20 b
T3 HMA	433.96 b	13.65 a	3.92 b	46.00 b
T4 BFN+HMA	494.34 a	13.73 a	4.64 a	52.40 a
%CV	5.59	1.41	6.28	5.59

Las medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, según el test de Tukey ( $p>0,05$ ); los valores en el rendimiento están tomados en kg/ha en una cosecha constante de 6 semanas; los valores de longitud de vainas están tomados en Cm; y los valores del peso de semillas están tomados en gr.

Estos resultados son parecidos a los de Lara et al., (2019) y (Hidalgo Rodríguez et al., 2019) donde demuestran que la coinoculación tiene resultados positivos y significativos respecto al peso seco de semillas y al rendimiento del cultivo.

### 3.3.1 Porcentaje de biomasa fresca y seca

El análisis de los resultados del porcentaje de biomasa vegetal fresca (%BF) presentado en la Tabla 13 revela diferencias significativas entre los tratamientos a los 40 DDT. Los tratamientos T3 (HMA) y T4 (Coinoculación) destacan con los porcentajes de biomasa vegetal fresca más altos 75,55% y 76,86%, seguidos de T2 (BFN) con 62,61% y T1



(Control) con 58,46%. Esta tendencia se mantiene a los 80 DDT, con T3 (HMA) y T4 (Coinoculación) liderando los valores más altos 75,04% y 76,46%, seguidos de T1 (Control) con 67,08% y T2 (BFN) con 65,76%.

Los tratamientos T3 (HMA) y T4 (Coinoculación) parecen promover un mayor crecimiento vegetativo de *P. lunatus*, evidenciado por los porcentajes más altos de biomasa vegetal fresca a ambos cortes del ciclo vegetativo.

El tratamiento T1 (Control) presenta el mayor porcentaje de biomasa vegetal seca a los 40 DDT, lo que podría indicar una mayor madurez de la planta en este tratamiento. Sin embargo, a los 80 DDT, los tratamientos T3 (HMA) y T4 (Coinoculación) presentan los porcentajes más bajos de biomasa seca, sugiriendo una mayor eficiencia en la utilización del agua y una menor pérdida de materia seca.

La interacción entre los tratamientos y los momentos de evaluación (40 y 80 DDT) sugiere que el efecto de los tratamientos sobre la biomasa vegetal puede variar a lo largo del ciclo vegetativo de *P. lunatus*.

Los resultados sobre la biomasa vegetal fresca y seca sugieren que la coinoculación con *Rhizobium* y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) podría promover diferentes estrategias de crecimiento en *Phaseolus lunatus*, dependiendo de las condiciones ambientales y los objetivos del cultivo.

**Tabla 12** Porcentajes de biomasa vegetal fresca (%BF) y seca (%MS) obtenidos en dos cortes del ciclo vegetativo de *P. lunatus*; Control (T1), BFN (T2), HMA (T3), Coinoculación (T4).

	40 DDT		80 DDT	
	%BF	%MS	%BF	%MS
T1 control	58.46 b	41.54 b	67.08 b	32.92 b
T2 BFN	62.61 ab	37.39 ab	65.76 b	34.24 b
T3 HMA	75.55 ab	24.45 ab	75.04 a	24.96 a
T4 BFN+HMA	76.86 a	23.14 a	76.46 a	23.54 a
CV (%)	14.02	26	4.66	11.45

Las medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, según el test de Tukey ( $p > 0,05$ )

### 3.4 Rendimiento

En la tabla 13 se presentan el resumen del análisis de la varianza según el test de Tukey al 0.005 en el rendimiento por hectárea de *Phaseolus lunatus*, mostrando resultados significativos en cada tratamientos y no significativos de cada repetición de los tratamientos.

**Tabla 13** Resumen del análisis de la varianza en el rendimiento por hectárea de *P lunatus*  
Cuadrados medios

Rendimiento/hectárea durante 8 Semanas de Cosecha			
FV	GL	Kg/ha	Pr>Fc
TRATAMIENTOS	3	37.181*	0.0000
REPETICION	4	0.449 <sup>ns</sup>	0.7714
Error	12		
Total, corregido	19		
CV (%) =		5.59	
Media general:		564.15	

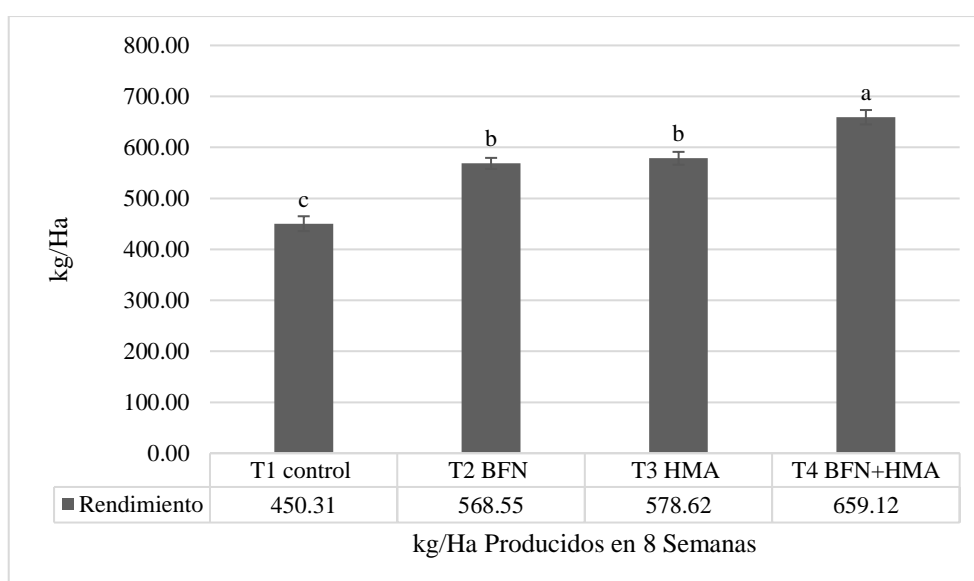
\*Significativo; \*\*Muy significativo; <sup>ns</sup> no significativo >0.05

En el Grafico 1 muestra los resultados calculados del rendimiento promedio por hectárea de cada tratamiento, calculados durante 8 semanas de cosechas. El tratamiento control, sin ningún tipo de inoculante obtuvo un rendimiento promedio de 450.31 kg/ha.

El tratamiento con *Rhizobium* (BFN) logró un rendimiento promedio de 568.55 kg/ha, lo que representa un aumento del 26.31% en comparación con el control.

El tratamiento con el HMA alcanzó un rendimiento promedio de 578.62 kg/ha lo que significa un incremento del 28.52% con respecto al control.

La coinoculación BFN+HMA obtuvo un rendimiento promedio más alto con 659.12 kg/ha. Representando un aumento de 46.41% en comparación con el control, del 15,32% en comparación con el tratamiento BFN, y del 13,82% en comparación con el tratamiento HMA.



**Gráfico 1** Rendimiento en Kg/Ha Promedio de los tratamientos calculados durante 8 semanas de cosechas

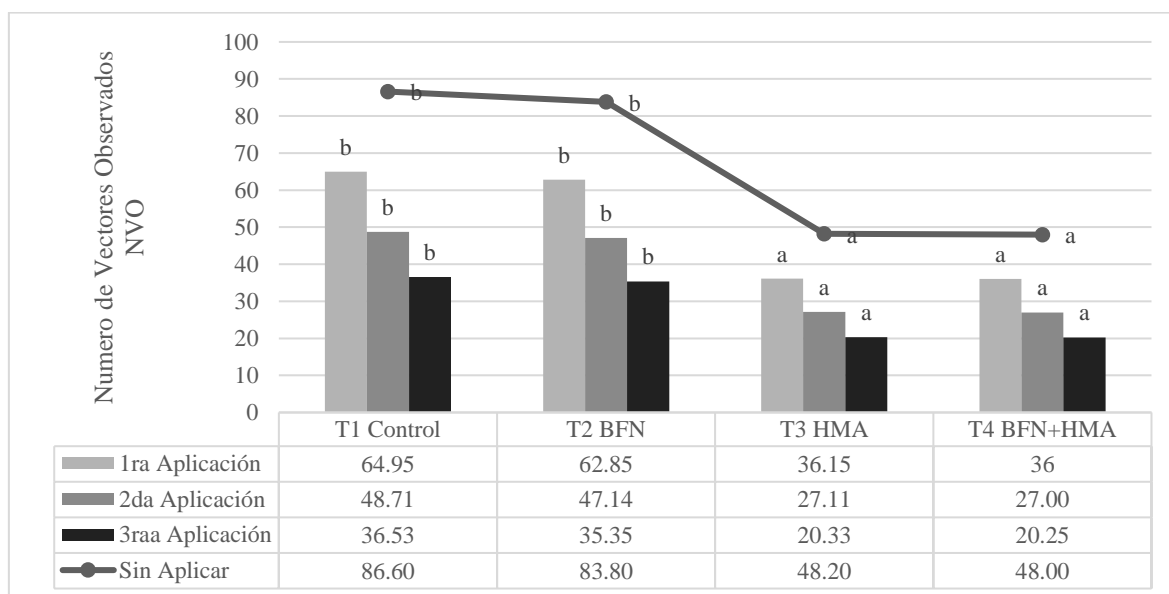
Los resultados demuestran que la coinoculación con *Rhizobium* y HMA, indujo un aumento significativo en el rendimiento del cultivo, observándose una diferencia promedio de 659.12 kg/ha en comparación con el control 450.31 kg/ha.

### 3.5 Evaluación de población de insectos y control con *Beauveria bassiana*

En el gráfico 3 muestra el efecto de la aplicación de *Beauveria bassiana* en la reducción de la población de vectores de *Cerotoma ruficornis*. La línea superior representa el muestreo del número de vectores antes de la aplicación de *Beauveria bassiana*, mientras que las barras representa la disminución de vectores tras cada aplicación. Se observan 4 grupos de barras representando a cada tratamiento.

La grafica muestra un claro efecto significativo demostrando la efectividad de *Beauveria bassiana* en la reducción de la población de este vector en comparación con el muestreo antes de la aplicación.

La cantidad de vectores por parcela se mantuvo relativamente alta en los tratamientos T1 (control) y tratamiento T2 (BFN), oscilando con un umbral promedio de 86.60 y 83.80 al inicio mostrando una reducción significativa a 36.53 y 35.35 vectores observados después de la tercera aplicación.



**Gráfico 2** Evaluación de la población de *Cerotoma ruficornis*, tras control con *Beauveria bassiana*.

Los tratamientos T3 (HMA) y T4 (Coinoculación) mostraron una diferencia significativa en la cantidad de vectores antes de las aplicaciones. Esto podría resaltar la interacción sinérgica entre los HMA, lo que potencialmente conduce a una mejor nutrición

vegetal. Los resultados demostraron una disminución significativa con una caída de 48.20 y 48.00 de vectores observados al inicio a 20.33 y 20.25 después de la tercera aplicación.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### *Conclusiones*

La coinoculación sobre las características productivas de *Phaseolus lunatus*, se concluye que la coinoculación con *Rhizobium* y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) tuvo un efecto positivo y significativo en todas las variables evaluadas: número de botones florales, número de flores, número de flores cuajadas, llenado de vaina y producción de vainas, presentando una estrategia viable para mejorar las características productivas de *Phaseolus lunatus*, contribuyendo al aumento del rendimiento y la calidad del cultivo.

La coinoculación con *Rhizobium* y HMA tuvo un efecto positivo y significativo en la producción de biomasa vegetal, Estos resultados demuestran que la coinoculación se presenta como una estrategia efectiva para mejorar la fijación de nitrógeno, el crecimiento vegetativo. De esta manera, se convierte en una alternativa sostenible y amigable con el medio ambiente.

Los resultados demuestran que la inoculación con HMA, indujo un aumento significativo en el rendimiento del cultivo. Sin embargo, la coinoculación demostró ser la estrategia más efectiva para mejorar el rendimiento, superando a los tratamientos individuales.

### *Recomendaciones*

Destacar que se necesitan más investigaciones para evaluar la efectividad de la coinoculación a largo plazo y en diferentes condiciones ambientales.

Se sugiere evaluar la efectividad de la coinoculación en condiciones de estrés hídrico, salinidad o diferentes temperaturas.

Realizar más estudios más profundos sobre el papel de los HMA en el MIP evaluando su impacto en la resistencia de plagas y enfermedades e identificando los compuestos bioactivos producidos por los HMA que podrían actuar como repelente o inhibidores el desarrollo de plagas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahemad, M., Kibret, M., 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *J. King Saud Univ. - Sci.* 26, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2013.05.001>
- Arancibia, R., Flores, M., Cabrera, T., Sanchez, J., Obando, J., 2022. Evaluación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la rehabilitación ecológica de ecosistemas con actividad minera. *REVISTA CIENTÍFICA DE ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE*.
- Arriaga, M., Olalde Portugal, V., Reyes Reyes, B.G., González Huerta, A., Aguilera Gómez, L.I., 2009. Influencia de *Glomus fasciculatum* en el crecimiento y desarrollo de *Lilium sp. cv orange pixie*. *Agric. Téc. En México* 35, 201–210.
- Balcan, N., 2021. Control biológico de plagas: pesticidas microbianos. Universidad de Alcalá, Facultad de Ciencias, Madrid, España.
- Borbor, J.L., 2021. Comportamiento espacial y temporal de la salinidad de suelos y aguas del centro de apoyo Manglaralto UPSE. (bachelorThesis). La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.
- Carrillo, S.M., Puente-Rivera, J., Montes-Recinas, S., Cruz-Ortega, R., Carrillo-Saucedo, S.M., Puente-Rivera, J., Montes-Recinas, S., Cruz-Ortega, R., 2022. Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta Botánica Mex.* <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932>
- Chicaiza, J., Garcia, H., Andrade, M., Giler, K., 2020. Crecimiento poblacional de la bacteria rhizobium al asimilar diferentes fuentes de carbono | MUNDO RECURSIVO.
- Cruz, F.A., 2017. Rendimiento del cultivo del pallar (*Phaseolus lunatus L.*) bajo dos módulos de riego por goteo en el sector Barraza, distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad - Perú. Univ. Priv. Antenor Orrego.
- FAO, 2024. Gestión de plagas | Manejo integrado de plagas y plaguicidas | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura | IPM and Pesticide Risk Reduction | Food and Agriculture Organization of the United Nations [WWW Document]. URL <https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/integrated-pest-management/es/> (accessed 4.23.24).
- FAO, 2019. Uso de Hongos Entomopatógenos para el Control de Moscas de la Fruta en Programas TIE en Área Amplia.
- FAO, 2018. Legumbres, pequeñas semillas, grandes soluciones. Ciudad de Panama.
- Ferreira, D.F., 2019. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS. *Braz. J. Biom.* 37, 529–535. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>
- Gomes, R.L.F., Lopes, Â.C. de A., Silva, V.B. da, 2022. Advances in the genetic improvement of the Lima bean in Brazil. *Siembra* 9.
- Gonzabay, N.W., 2021. Análisis del cambio y uso del suelo en el transcurso de dos décadas parroquia Manglaralto - cantón Santa Elena (bachelorThesis). La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.

- Hidalgo Rodríguez, J.E.M., Ramos Otiniano, C.C., Lezama Asencio, P.B., Chuna Mogollón, P., Chaman Medina, M.E., 2019. Coinoculación de *Rhizophagus irregularis* y *Rhizobium* sp. en *Phaseolus vulgaris* L. var. canario (Fabaceae) "frijol canario. *Arnaldoa* 26, 991–1006. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26309>
- Hoysted, G.A., Kowal, J., Jacob, A., Rimington, W.R., Duckett, J.G., Pressel, S., Orchard, S., Ryan, M.H., Field, K.J., Bidartondo, M.I., 2018. A mycorrhizal revolution. *Curr. Opin. Plant Biol., Biotic Interactions* 44, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2017.12.004>
- INAMHI, 2021. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI. URL <https://www.inamhi.gob.ec/> (accessed 9.15.23).
- INEC, 2021. Geoportal INEC [WWW Document]. URL [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Geografia\\_Estadistica/Micrositio\\_geoportal/index.html#clasificador-geog-dpa](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Geografia_Estadistica/Micrositio_geoportal/index.html#clasificador-geog-dpa) (accessed 9.15.23).
- Juarez, J., Fernandez, F., 2016. Cepa de *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* var. nov y su uso como bioestimulante. 2 594 455.
- Lara-Capistrán, L., Hernández-Montiel, L.G., Reyes-Pérez, J.J., Preciado Rangel, P., Zulueta-Rodríguez, R., Lara-Capistrán, L., Hernández-Montiel, L.G., Reyes-Pérez, J.J., Preciado Rangel, P., Zulueta-Rodríguez, R., 2019. Respuesta agronómica de *Phaseolus vulgaris* a la biofertilización en campo. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10, 1035–1046. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.936>
- Ley-Rivas, J.F., Sánchez, J.A., Ricardo, N.E., Collazo, E., 2015. Efecto de cuatro especies de hongos micorrizógenos arbusculares en la producción de frutos de tomate. *Agron. Costarric.* <https://doi.org/10.15517/rac.v39i1.19544>
- López, J. de J., Lépiz-Ildefonso, R., González-Eguiarte, D.R., Rodríguez-Macías, R., López-Alcocer, E., López-Alcocer, J. de J., Lépiz-Ildefonso, R., González-Eguiarte, D.R., Rodríguez-Macías, R., López-Alcocer, E., 2020. Eficiencia en fijación biológica de nitrógeno de cepas de *Rhizobium* spp. recolectadas en frijol cultivado y silvestre. *Terra Latinoam.* 38, 841–852. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.654>
- López, J.D.J., Lépiz-Ildefonso, R., González-Eguiarte, D.R., Rodríguez-Macías, R., López-Alcocer, E., Olalde-Portugal, V., 2017. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DE CEPAS DE *Rhizobium* COLECTADAS EN FRIJOL COMÚN SILVESTRE Y DOMESTICADO. *Rev. Fitotec. Mex.* 40, 73–81. <https://doi.org/10.35196/rfm.2017.1.73-81>
- Martinez, J., Peralta, E., 2023. El fréjol torta o pallar *Phaseolus lunatus* L. en Ecuador 133.
- Matos, L.A.R., 2019. LÍNEAS PROMISORIAS DE FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.) EN CONDICIONES DE LA COSTA CENTRAL”.
- Navone, G.T., 2018. Manejo integrado de plagas en el Cinturón Hortícola Platense. Presented at the I Encuentro de Centros Propios y Asociados de la CIC (Mar del Plata, 2018).
- Nishu, S.D., Hyun, J.N., Kwon, T.L., 2022. Transcriptional Response and Plant Growth Promoting Activity of *Pseudomonas fluorescens* DR397 under Drought Stress Conditions. *Microbiol. Spectr.* 10, e00979-22. <https://doi.org/10.1128/spectrum.00979-22>

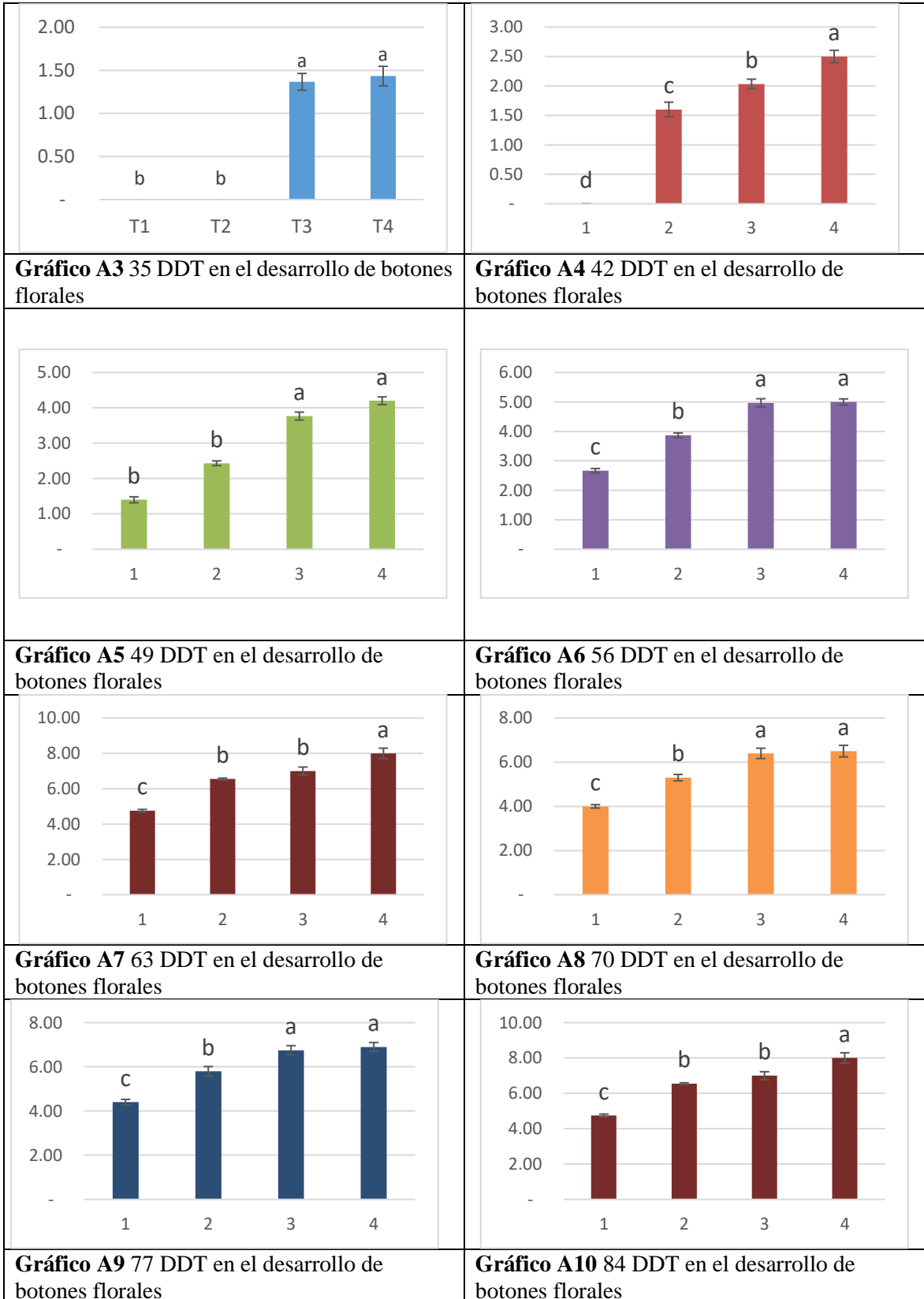
- Noda, Y., 2009. Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos Forrajes* 32, 1–1.
- Palacios, J.M., Rey, L., Durán, D., García, R., Pacheco, A., Bautista, A., Sánchez-Cañizares, C., Brito, B., Albareda, M., 2015. Intercambio de nutrientes y señales en la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa.
- Pérez, E., 2017. Micropropagación y Biotización de Jojoba (*Simmondsia chinensis* L. [Schnider]) mediante bacterias endófitas promotoras del crecimiento vegetal. CIB Centro de Investigaciones Biológicas Del Noroeste, S.C. Programa de Estudio De Posgrado, La Paz, Baja California Sur.
- Pravia, A., 2023. ¿Qué es *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* y por qué es mejor que otros hongos formadores de micorrizas? *Symborg*. URL <https://symborg.com/es/actualidad/glomus-iranicum-var-tenuihypharum/> (accessed 9.29.23).
- Santillana, N., Arellano, C., Zuñiga, D., 2005. Capacidad del *Rhizobium* de promover el crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller ). *Ecol. Apl.* 4, 47–51.
- Soto, J., Borbor T., G., Borbor D, V., 2012. Identificación y Caracterización de Cepas Nativas de *Rhizobium* en la Provincia de Santa Elena. *Rev. Científica Tecnológica UPSE* 1. <https://doi.org/10.26423/rctu.v1i1.8>
- Soto, J.E., Pinto Lopera, J.E., Millán Rojas, E.E., Soto Sogamoso, J.E., Pinto Lopera, J.E., Millán Rojas, E.E., 2022. Micorrizas arbusculares y las técnicas de visión artificial para su identificación. *Tecnológicas* 25. <https://doi.org/10.22430/22565337.2348>
- Tajini, F., Trabelsi, M., Drevon, J.-J., 2012. Combined inoculation with *Glomus intraradices* and *Rhizobium tropici* CIAT899 increases phosphorus use efficiency for symbiotic nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Saudi J. Biol. Sci.* 19, 157–163. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2011.11.003>
- Tello, A.G., 2018. Estudio de la actividad antioxidante de aislados proteicos de harina de haba pallar (*Phaseolus lunatus* L.) y su digestibilidad gástrica y duodenal (in vitro). 84.
- Trejo, D., Hernández-Acosta, E., Baeza-Guzmán, Y., Pérez-Toledo, G., Morgado-Viveros, E., Bañuelos, J., Trejo, D., Hernández-Acosta, E., Baeza-Guzmán, Y., Pérez-Toledo, G., Morgado-Viveros, E., Bañuelos, J., 2021. Efectividad de los hongos micorrízicos arbusculares introducidos y nativos en seis leguminosas coberteras. *Sci. Fungorum* 51. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.51.1320>
- Valbuena, A.H., Galindo Soracá, A.M., Boyacá Quintana, Y.M., Valbuena Puentes, A.H., Galindo Soracá, A.M., Boyacá Quintana, Y.M., 2021. Efecto del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (balsamo) Vuillemin en el control de la oveja ked (*Melophagus ovinus*). *Rev. Investig. Vet. Perú* 32. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i2.18362>
- Velasco, A.J., Castellanos-Hernández, O., Acevedo-Hernández, G., Aarland, R.C., Rodríguez-Sahagún, A., 2020. Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. *Terra Latinoam.* 38, 333–345. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.470>
- Zumbado, M., Azofeifa, D., 2018. Insectos de importancia agrícola, Primera edición. ed. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO), Costa Rica.





## ANEXOS

**Anexo 1** Evaluación morfológica de *P. lunatus* durante ocho semanas en el desarrollo de producción de botones florales



**Anexo 2** Evaluación morfológica de *P. lunatus* durante ocho semanas en el desarrollo de número de flores

<table border="1"> <caption>Data for Gráfico B11</caption> <thead> <tr> <th>Time Point</th> <th>Number of Flowers</th> <th>Significance Group</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T1</td> <td>0</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>T2</td> <td>0</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>T3</td> <td>~2.8</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>T4</td> <td>~6.8</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Time Point	Number of Flowers	Significance Group	T1	0	c	T2	0	c	T3	~2.8	b	T4	~6.8	a	<table border="1"> <caption>Data for Gráfico B12</caption> <thead> <tr> <th>Time Point</th> <th>Number of Flowers</th> <th>Significance Group</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>d</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>~1.6</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>~2.0</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>~2.5</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Time Point	Number of Flowers	Significance Group	1	0	d	2	~1.6	c	3	~2.0	b	4	~2.5	a
Time Point	Number of Flowers	Significance Group																													
T1	0	c																													
T2	0	c																													
T3	~2.8	b																													
T4	~6.8	a																													
Time Point	Number of Flowers	Significance Group																													
1	0	d																													
2	~1.6	c																													
3	~2.0	b																													
4	~2.5	a																													
<p><b>Gráfico B11</b> 35 DDT en el desarrollo de número de flores</p>	<p><b>Gráfico B12</b> 42 DDT en el desarrollo de número de flores</p>																														
<table border="1"> <caption>Data for Gráfico B13</caption> <thead> <tr> <th>Time Point</th> <th>Number of Flowers</th> <th>Significance Group</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>~1.4</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>~2.4</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>~3.8</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>~4.2</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Time Point	Number of Flowers	Significance Group	1	~1.4	b	2	~2.4	b	3	~3.8	a	4	~4.2	a	<table border="1"> <caption>Data for Gráfico B14</caption> <thead> <tr> <th>Time Point</th> <th>Number of Flowers</th> <th>Significance Group</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>~2.7</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>~3.9</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>~5.0</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>~5.0</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Time Point	Number of Flowers	Significance Group	1	~2.7	c	2	~3.9	b	3	~5.0	a	4	~5.0	a
Time Point	Number of Flowers	Significance Group																													
1	~1.4	b																													
2	~2.4	b																													
3	~3.8	a																													
4	~4.2	a																													
Time Point	Number of Flowers	Significance Group																													
1	~2.7	c																													
2	~3.9	b																													
3	~5.0	a																													
4	~5.0	a																													
<p><b>Gráfico B13</b> 49 DDT en el desarrollo de número de flores</p>	<p><b>Gráfico B14</b> 56 DDT en el desarrollo de número de flores</p>																														
<table border="1"> <caption>Data for Gráfico B15</caption> <thead> <tr> <th>Time Point</th> <th>Number of Flowers</th> <th>Significance Group</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>~4.8</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>~6.8</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>~7.2</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>~8.0</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Time Point	Number of Flowers	Significance Group	1	~4.8	c	2	~6.8	b	3	~7.2	b	4	~8.0	a	<table border="1"> <caption>Data for Gráfico B16</caption> <thead> <tr> <th>Time Point</th> <th>Number of Flowers</th> <th>Significance Group</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>~4.0</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>~5.5</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>~6.5</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>~6.5</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Time Point	Number of Flowers	Significance Group	1	~4.0	c	2	~5.5	b	3	~6.5	a	4	~6.5	a
Time Point	Number of Flowers	Significance Group																													
1	~4.8	c																													
2	~6.8	b																													
3	~7.2	b																													
4	~8.0	a																													
Time Point	Number of Flowers	Significance Group																													
1	~4.0	c																													
2	~5.5	b																													
3	~6.5	a																													
4	~6.5	a																													
<p><b>Gráfico B15</b> 63 DDT en el desarrollo de número de flores</p>	<p><b>Gráfico B16</b> 70 DDT en el desarrollo de número de flores</p>																														
<table border="1"> <caption>Data for Gráfico B17</caption> <thead> <tr> <th>Time Point</th> <th>Number of Flowers</th> <th>Significance Group</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>~4.5</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>~5.8</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>~6.8</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>~7.0</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Time Point	Number of Flowers	Significance Group	1	~4.5	c	2	~5.8	b	3	~6.8	a	4	~7.0	a	<table border="1"> <caption>Data for Gráfico B18</caption> <thead> <tr> <th>Time Point</th> <th>Number of Flowers</th> <th>Significance Group</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>~4.8</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>~6.5</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>~7.0</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>~8.0</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Time Point	Number of Flowers	Significance Group	1	~4.8	c	2	~6.5	b	3	~7.0	b	4	~8.0	a
Time Point	Number of Flowers	Significance Group																													
1	~4.5	c																													
2	~5.8	b																													
3	~6.8	a																													
4	~7.0	a																													
Time Point	Number of Flowers	Significance Group																													
1	~4.8	c																													
2	~6.5	b																													
3	~7.0	b																													
4	~8.0	a																													
<p><b>Gráfico B17</b> 77 DDT en el desarrollo de número de flores</p>	<p><b>Gráfico B18</b> 84 DDT en el desarrollo de número de flores</p>																														

**Anexo 3** Evaluación morfológica de *P. lunatus* durante ocho semanas en el desarrollo de llenado de vainas

<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T1</td> <td>0.00</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>T2</td> <td>0.00</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>T3</td> <td>1.40</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>T4</td> <td>1.45</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	T1	0.00	b	T2	0.00	b	T3	1.40	a	T4	1.45	a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.00</td> <td>d</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1.60</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2.00</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2.50</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	1	0.00	d	2	1.60	c	3	2.00	b	4	2.50	a
Treatment	DDT	Significance																													
T1	0.00	b																													
T2	0.00	b																													
T3	1.40	a																													
T4	1.45	a																													
Treatment	DDT	Significance																													
1	0.00	d																													
2	1.60	c																													
3	2.00	b																													
4	2.50	a																													
<p><b>Gráfico C19</b> 35 DDT en el desarrollo de llenado de vainas</p>	<p><b>Gráfico C20</b> 42 DDT en el desarrollo de llenado de vainas</p>																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1.30</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2.40</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3.80</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4.20</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	1	1.30	b	2	2.40	b	3	3.80	a	4	4.20	a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2.70</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3.90</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5.00</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5.00</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	1	2.70	c	2	3.90	b	3	5.00	a	4	5.00	a
Treatment	DDT	Significance																													
1	1.30	b																													
2	2.40	b																													
3	3.80	a																													
4	4.20	a																													
Treatment	DDT	Significance																													
1	2.70	c																													
2	3.90	b																													
3	5.00	a																													
4	5.00	a																													
<p><b>Gráfico C21</b> 49 DDT en el desarrollo de llenado de vainas</p>	<p><b>Gráfico C22</b> 56 DDT en el desarrollo de llenado de vainas</p>																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4.70</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6.60</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>7.00</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>8.00</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	1	4.70	c	2	6.60	b	3	7.00	b	4	8.00	a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4.00</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5.30</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6.40</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>6.50</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	1	4.00	c	2	5.30	b	3	6.40	a	4	6.50	a
Treatment	DDT	Significance																													
1	4.70	c																													
2	6.60	b																													
3	7.00	b																													
4	8.00	a																													
Treatment	DDT	Significance																													
1	4.00	c																													
2	5.30	b																													
3	6.40	a																													
4	6.50	a																													
<p><b>Gráfico C23</b> 63 DDT en el desarrollo de llenado de vainas</p>	<p><b>Gráfico C24</b> 70 DDT en el desarrollo de llenado de vainas</p>																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4.50</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5.80</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6.80</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>7.00</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	1	4.50	c	2	5.80	b	3	6.80	a	4	7.00	a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4.70</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6.50</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>7.00</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>8.00</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	1	4.70	c	2	6.50	b	3	7.00	b	4	8.00	a
Treatment	DDT	Significance																													
1	4.50	c																													
2	5.80	b																													
3	6.80	a																													
4	7.00	a																													
Treatment	DDT	Significance																													
1	4.70	c																													
2	6.50	b																													
3	7.00	b																													
4	8.00	a																													
<p><b>Gráfico C25</b> 77 DDT en el desarrollo de llenado de vainas</p>	<p><b>Gráfico C26</b> 84 DDT en el desarrollo de llenado de vainas</p>																														

**Anexo 4** Evaluación morfológica de *P. lunatus* durante ocho semanas en el desarrollo de número vainas

<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T1</td> <td>0.2</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>T2</td> <td>0.2</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>T3</td> <td>1.4</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>T4</td> <td>1.4</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	T1	0.2	b	T2	0.2	b	T3	1.4	a	T4	1.4	a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>d</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1.6</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2.0</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2.5</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	1	0	d	2	1.6	c	3	2.0	b	4	2.5	a
Treatment	DDT	Significance																													
T1	0.2	b																													
T2	0.2	b																													
T3	1.4	a																													
T4	1.4	a																													
Treatment	DDT	Significance																													
1	0	d																													
2	1.6	c																													
3	2.0	b																													
4	2.5	a																													
<p><b>Gráfico D27</b> 35 DDT en el desarrollo de número vainas</p>	<p><b>Gráfico D28</b> 42 DDT en el desarrollo de número vainas</p>																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1.4</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2.4</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3.8</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4.2</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	1	1.4	b	2	2.4	b	3	3.8	a	4	4.2	a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2.7</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3.9</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5.0</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5.0</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	1	2.7	c	2	3.9	b	3	5.0	a	4	5.0	a
Treatment	DDT	Significance																													
1	1.4	b																													
2	2.4	b																													
3	3.8	a																													
4	4.2	a																													
Treatment	DDT	Significance																													
1	2.7	c																													
2	3.9	b																													
3	5.0	a																													
4	5.0	a																													
<p><b>Gráfico D29</b> 49 DDT en el desarrollo de número vainas</p>	<p><b>Gráfico D30</b> 56 DDT en el desarrollo de número vainas</p>																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4.7</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6.6</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>7.0</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>8.0</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	1	4.7	c	2	6.6	b	3	7.0	b	4	8.0	a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4.0</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5.3</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6.5</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>6.6</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	1	4.0	c	2	5.3	b	3	6.5	a	4	6.6	a
Treatment	DDT	Significance																													
1	4.7	c																													
2	6.6	b																													
3	7.0	b																													
4	8.0	a																													
Treatment	DDT	Significance																													
1	4.0	c																													
2	5.3	b																													
3	6.5	a																													
4	6.6	a																													
<p><b>Gráfico D31</b> 63 DDT en el desarrollo de número vainas</p>	<p><b>Gráfico D32</b> 70 DDT en el desarrollo de número vainas</p>																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4.5</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5.8</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6.8</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>7.0</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	1	4.5	c	2	5.8	b	3	6.8	a	4	7.0	a	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>DDT</th> <th>Significance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4.8</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6.5</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>7.0</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>8.0</td> <td>a</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	DDT	Significance	1	4.8	c	2	6.5	b	3	7.0	b	4	8.0	a
Treatment	DDT	Significance																													
1	4.5	c																													
2	5.8	b																													
3	6.8	a																													
4	7.0	a																													
Treatment	DDT	Significance																													
1	4.8	c																													
2	6.5	b																													
3	7.0	b																													
4	8.0	a																													
<p><b>Gráfico D33</b> 77 DDT en el desarrollo de número vainas</p>	<p><b>Gráfico D34</b> 84 DDT en el desarrollo de número vainas</p>																														



**Gráfico 35** Puesta de Semilleros



**Gráfico 36** Identificación de Vectores



**Gráfico 37** Identificación de Nódulos y estado de la raíz



**Gráfico 38** Obtención del biomasa vegetal seca en estufa



**Gráfico 39** Tutorado y limpieza del lugar del experimento



**Gráfico 40** Identificación del número de granos por vainas



**Gráfico 41** Identificación de daños causados por vectores



**Gráfico 42** Pesaje de 50 semillas de cada tratamiento