



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

## Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

### Carrera de Ingeniería Agrícola

#### Evaluación de biofertilizantes de micorrizas nativas y comerciales en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), en la quinta experimental la Argelia. Loja, Ecuador.

Trabajo de Titulación previo a  
la obtención del título de  
Ingeniero Agrícola

#### AUTOR:

Julio César Aguilar Asanza

#### DIRECTORA:

Ing. Narcisa de Jesús Urgiles Gómez PhD.

Loja - Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 7 de marzo de 2023

Ing. Narcisa de Jesús Urgiles Gómez PhD.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: “**Evaluación de biofertilizantes de micorrizas nativas y comerciales en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), en la quinta experimental la Argelia. Loja, Ecuador.**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrícola**, de la autoría del estudiante **Julio César Aguilar Asanza**, con cedula de identidad **Nro. 0705919272**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:  
NARCISA DE JESUS  
URGILES GOMEZ

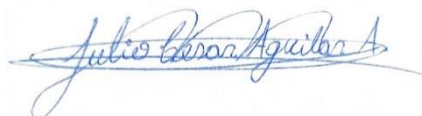
.....  
Ing. Narcisa de Jesús Urgiles Gómez PhD.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Julio Cesar Aguilar Asanza**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula de identidad:** 0705919272

**Fecha:** Loja, 31 de mayo de 2023

**Correo electrónico:** [julio.aguilar@unl.edu.ec](mailto:julio.aguilar@unl.edu.ec)

**Celular:** 0985502350

**Carta de autorización por parte del autor para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Titulación.**

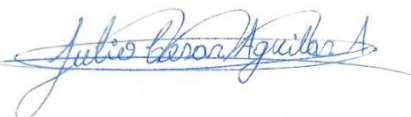
Yo, **Julio César Aguilar Asanza**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **“Evaluación de biofertilizantes de micorrizas nativas y comerciales en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), en la quinta experimental la Argelia. Loja, Ecuador.”**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrícola**, autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los treinta y un días del mes de mayo del dos mil veintitrés.

**Firma:**



**Autor:** Julio César Aguilar Asanza

**Cédula de identidad:** 0705919272

**Dirección:** Esteban Godoy, Loja Ecuador

**Correo electrónico:** [julio.aguilar@unl.edu.ec](mailto:julio.aguilar@unl.edu.ec)

**Celular:** 0985502350

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Directora de Trabajo de Titulación:** Ing. Narcisa de Jesús Urgiles Gómez PhD.

## **Dedicatoria**

El trabajo realizado se lo dedico a Dios, quién supo guiarme seguir adelante y no renunciar ante los problemas, enseñándome a enfrentar las adversidades sin desfallecer en el intento. A mis padres, mis tíos que me brindaron de su apoyo incondicional y así poder superarme durante todo este tiempo, a mis hermanos quienes no están físicamente conmigo, pero siempre los tengo presente en mi mente por ellos quiero seguir adelante y esforzarme cada día más. A toda mi familia y amigos que me motivaron a seguir y poder culminar mis estudios a todos ellos les dedico mi trabajo, gracias por todo su apoyo.

*Julio César Aguilar Asanza*

## **Agradecimiento**

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja que por medio de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables me ha permitido la oportunidad de formarme y prepararme profesionalmente. A todos los Docentes gracias por las enseñanzas y todo el tiempo impartido en las aulas de clase, a mi directora de tesis Dra. Narcisa Urgiles Gómez quien en todo momento me ayudo en el desarrollo de mi tesis, al Ing. Diego Fernando Chamba por haberme ayudado en el comienzo de mi proyecto de tesis, a mis amigos que con su apoyo me impulsaron a culminar el presente trabajo.

*Julio César Aguilar Asanza*

## Índice de contenido

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenido</b> .....	<b>vii</b>
Índice de tablas:.....	ix
Índice de figuras: .....	x
Índice de anexos: .....	xii
<b>1</b> <b>Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Resumen</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1</b> <b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b> <b>Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b> <b>Revisión literaria</b> .....	<b>6</b>
<b>4.1</b> <b>Agrotecnia del cultivo</b> .....	<b>6</b>
4.1.1    El cultivo del fréjol .....	6
4.1.2    Taxonomía .....	6
4.1.3    Variedades.....	7
4.1.4    Fenología del cultivo.....	8
4.1.5    Requerimientos nutricionales.....	9
4.1.6    Producción de fréjol en el Ecuador .....	9
<b>4.2</b> <b>Micorriza</b> .....	<b>10</b>
<b>4.3</b> <b>Hongos micorrízicos</b> .....	<b>10</b>
4.3.1    Beneficios de las micorrizas en el suelo .....	10
4.3.2    Tipos de micorrizas .....	11
4.3.3    Biofertilizantes .....	13
4.3.4    Productos micorrízicos.....	14
<b>5</b> <b>Metodología</b> .....	<b>15</b>
<b>5.1</b> <b>Área de estudio</b> .....	<b>15</b>
<b>5.2</b> <b>Enfoque de investigación</b> .....	<b>15</b>
5.2.1    Población.....	16
5.2.2    Diseño de la investigación .....	16
5.2.3    Características del área del cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) .....	17
<b>5.3</b> <b>Metodología para el primer objetivo</b> .....	<b>17</b>
5.3.1    Técnicas de recolección de datos .....	17

5.3.2	VARIABLES A EVALUAR.....	17
5.3.3	MATERIALES.....	18
5.3.4	MANEJO DEL ENSAYO, LABORES PRECULTURALES.....	19
5.3.5	MANEJO DEL ENSAYO, LABORES CULTURALES.....	20
5.3.6	DATOS EVALUADOS.....	21
<b>5.4</b>	<b>METODOLOGÍA PARA EL SEGUNDO OBJETIVO.....</b>	<b>23</b>
5.4.1	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	23
5.4.2	EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN DE HMA EN EL FRÉJOL (Phaseolus vulgaris L.).....	23
5.4.3	MATERIALES/EQUIPOS.....	24
<b>6</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
<b>6.1</b>	<b>RESULTADOS DEL PRIMER OBJETIVO.....</b>	<b>28</b>
6.1.1	Nº DE DÍAS A LA GERMINACIÓN Y PORCENTAJE DE GERMINACIÓN.....	28
6.1.2	Nº DE DÍAS A LAS HOJAS VERDADERAS.....	29
6.1.3	ALTURA DE LA PLANTA.....	30
6.1.4	DIÁMETRO DEL TALLO.....	31
6.1.5	Nº DE HOJAS (UNIDADES).....	31
6.1.6	Nº DE DÍAS A LA FLORACIÓN.....	32
6.1.7	Nº DE FLORES.....	33
6.1.8	Nº DE DÍAS A LA COSECHA EN VERDE.....	34
6.1.9	Nº DE VAINAS POR PLANTA.....	35
6.1.10	LONGITUD DE LA VAINA.....	36
6.1.11	RENDIMIENTO EN VAINA VERDE (kg/ha).....	37
6.1.12	NÚMERO DE NÓDULOS.....	38
<b>6.2</b>	<b>RESULTADOS DE SEGUNDO OBJETIVO.....</b>	<b>40</b>
6.2.1	PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN DE MICORRIZAS ARBUSCULARES EN EL CULTIVO DE FRÉJOL.....	40
6.2.2	OBSERVACIÓN DE COLONIZACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN RAÍCES DE FRÉJOL.....	41
<b>7</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>9</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>45</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>46</b>
<b>11</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>52</b>



**Índice de tablas:**

Tabla 1.	Descripción de las Etapas de desarrollo del Cultivo del Fréjol. ....	8
Tabla 2.	Requerimiento Nutricional en kg/ha del Cultivo del Fréjol.....	9
Tabla 3.	Clasificación de los tratamientos .....	16

## Índice de figuras:

Figura 1.	Etapas de desarrollo del cultivo del fréjol.....	8
Figura 2.	Tipos de micorrizas.....	13
Figura 3.	Mapa de ubicación del proyecto. ....	15
Figura 4.	Esquema del arreglo experimental de las parcelas para el cultivo de fréjol .....	16
Figura 5.	Área experimental del proyecto .....	17
Figura 6.	Recorrido de muestreo Zig-Zag. ....	19
Figura 7.	Procedimiento para tinción y observación de raíces.....	25
Figura 8.	Colonización de HMA en raíces bajo el microscopio.....	26
Figura 9.	Escala para determinar el porcentaje de micorrización en raíces .....	27
Figura 10.	Días a la germinación a partir de la fecha de siembra de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en la Quinta Experimental La Argelia; SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial, las letras diferentes muestran diferencia estadística.....	28
Figura 11.	Porcentaje de germinación de los cuatro tratamientos de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial, las letras diferentes muestran diferencia estadística.....	29
Figura 12.	Días a las hojas verdaderas a partir de la fecha de siembra de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística.....	29
Figura 13.	Altura de la planta (cm), 15 días después de haber germinado la semilla de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística. ....	30
Figura 14.	Diámetro del tallo (mm), 15 días después de haber germinado la semilla de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística. ....	31
Figura 15.	Número de hojas (unidades), 15 días después de haber germinado la semilla de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística. ....	32
Figura 16.	Número de días a la floración a partir de la fecha de siembra de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística. ....	33

Figura 17. Número de flores por planta en la fase reproductiva del cultivo de Phaseolus vulgaris L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística.....	34
Figura 18. Número de días a la cosecha en verde, después de la siembra del cultivo de Phaseolus vulgaris L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística. ....	35
Figura 19. Número de vainas por planta en la fase reproductiva del cultivo de Phaseolus vulgaris L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística.....	36
Figura 20. Longitud de vainas por planta en la fase reproductiva del cultivo de Phaseolus vulgaris L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística.....	37
Figura 21. Rendimiento (kg/ha) de fréjol de vaina en verde de Phaseolus vulgaris L. en la Quinta Experimental La Argelia, 3 granos por golpe, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística.....	38
Figura 22. Número de nódulos presentes en las raíces de fréjol, 90 días de haber germinado la semilla de Phaseolus vulgaris L. en la Quinta Experimental La Argelia, 3 granos por golpe, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística.....	39
Figura 23. Porcentaje de colonización de hongos micorrízicos en raíces de fréjol, mediante el uso de biofertilizantes y el inóculo nativo, en el de Phaseolus vulgaris L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística.....	40
Figura 24. Colonización de HMA bajo el microscopio en raíces de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en la Quinta Experimental La Argelia.....	41

## Índice de anexos:

Anexo 1. Toma de muestra de suelo.....	52
Anexo 2. Limpieza y preparación del terreno .....	52
Anexo 3. Trazado y nivelación de parcelas .....	52
Anexo 4. Siembra e inoculación de semillas .....	52
Anexo 5. Resiembra de fréjol .....	53
Anexo 6. Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para los días a la germinación y porcentaje de germinación .....	53
Anexo 7. Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para los días a las hojas verdaderas .....	54
Anexo 8. Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para la altura de la planta .....	55
Anexo 9. Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para el diámetro del tallo .....	55
Anexo 10. Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para el número de hojas .....	56
Anexo 11. Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para los días a la floración. ....	56
Anexo 12. Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para el número de flores. ....	56
Anexo 13. Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para los días a la cosecha. ....	57
Anexo 14. Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para el número de vainas por planta .....	57
Anexo 15. Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para la longitud de la vaina.....	58
Anexo 16. Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para el rendimiento (kg/ha) de vaina en verde. ....	58
Anexo 17. Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para el número de nódulos en las raíces de fréjol. ....	59
Anexo 18. Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para el porcentaje de colonización de hongos micorrízicos en las raíces de fréjol. ....	59
Anexo 19. Aplicación de fertilización edáfica .....	60
Anexo 20. Medición de variables agronómicas.....	60
Anexo 21. Procedimiento de recolección y tinción de raíces .....	62
Anexo 22. Observación de colonización micorrízica de los tres tratamientos en las raíces de fréjol. ....	64
Anexo 23. Resultado de análisis de suelo.....	66
Anexo 24. Demanda de nutrientes según el análisis de suelo y el requerimiento del cultivo	67
Anexo 25. Plan de fertilización para el cultivo de fréjol .....	67
Anexo 26. Porcentaje de saturación de bases .....	67
Anexo 27. Relación de bases cambiables .....	67

Anexo 28. Requerimiento hídrico del cultivo de fréjol .....	67
Anexo 29. Tercera visita de campo socialización de resultados el proyecto de investigación .....	68
Anexo 30. Certificación de traducción Abstract.....	71

## **1 Título**

**Evaluación de biofertilizantes de micorrizas nativas y comerciales en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), en la quinta experimental la Argelia. Loja, Ecuador.**

## 2 Resumen

Esta investigación se planteó con el fin de incrementar los bajos rendimientos del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Ecuador, utilizando biofertilizantes de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la variedad de fréjol Blanco Belén se evaluaron cuatro tratamientos [T1: testigo (SM), T2: micorriza líquida comercial (MLC), T3: micorrizas nativas (MN) y T4: micorriza sólida comercial (MSC)] en un diseño de bloques completamente al azar con cinco repeticiones, cada una con 25 plantas y con una densidad de plantación de 0.30 x 0.50 m. Los objetivos de la investigación fueron determinar la eficiencia de los biofertilizantes micorrízicos en el desarrollo fenológico y el rendimiento del cultivo en la Quinta Experimental La Argelia de la Universidad Nacional de Loja. Se midieron las siguientes variables: días a la germinación, días a las hojas verdaderas, altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas, días a la floración, número de flores, días a la cosecha en verde, número de vainas, longitud de vaina, rendimiento (kg/ha) en vaina verde y número de nódulos, también se evaluó el porcentaje de colonización de HMA. Los resultados muestran que la aplicación de biofertilizantes micorrízicos aumentó el rendimiento del cultivo en un 29 % en comparación al testigo. Los tratamientos MLC, MN y MSC superaron el 50 % de colonización en las raíces y se observaron arbusculos, vesículas, esporas e hifas en las raíces del cultivo. Esto demuestra que la simbiosis entre hongo y raíz es posible en la planta de fréjol mediante el uso de productos micorrízicos nativos y comerciales lo que favorece el desarrollo fenológico y el rendimiento del cultivo.

**Palabras clave:** biofertilizantes micorrízicos, esporas micorrízicas, inóculo nativo, fréjol.

## 2.1 Abstract

This research was proposed in order to increase the low yields of the bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.) in Ecuador, employing biofertilizers of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the Blanco Belén bean variety, four treatments were evaluated [T1: control (SM), T2: commercial liquid mycorrhiza (MLC), T3: native mycorrhiza (MN) and T4: solid commercial mycorrhiza (MSC)] in a completely randomized block design with five replicates, each with 25 plants and with one planting density of 0.30 x 0.50 m. The main objectives of the research were to define the efficiency of mycorrhizal biofertilizers in phenological development and crop yield in the La Argelia Experimental Fifth of the National University of Loja. The following variables were measured: days for germination, days to leaves, plant height, stem diameter, number of leaves, days to flowering, number of flowers, days to green harvest, number of pods, length of pod, yield (kg/ha) in green pod and number of nodules, the percentage of AMF colonization was also evaluated. The results show that the application of mycorrhizal biofertilizers increased crop yield by 29 % compared to the control. The MLC, MN and MSC treatments exceeded 50 % colonization in the roots and arbuscules, vesicles, spores and hyphae were observed in the roots of the culture. The investigation demonstrates that the symbiosis between fungus and root is possible in the bean plant through the use of native and commercial mycorrhizal products, which favours phenological development and crop yield.

**Keywords:** mycorrhizal biofertilizers, mycorrhizal spores, native inoculum, beans.



### 3 Introducción

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) también conocido comúnmente como fríjol, poroto, judía o carota, es una legumbre de gran producción y consumo en el mundo, pertenecen a la familia de las leguminosas, por lo general se consumen en semillas secas a excepción de las especies que se utilizan para la extracción de aceite, como la soya. El fréjol tiene mucha importancia en los sistemas de producción agrícola y se ha constituido como alimento fundamental en la dieta alimentaria de muchos países (África y América Latina), más aún en los países en desarrollo (Gaucín, 2019).

El rendimiento promedio mundial en el periodo del 2012 - 2018 se estableció en 1,5 toneladas por hectárea (t/ha). Entre los principales países productores del mundo se encuentra la India con un 17,3 %, Myanmar con un 16 %, Brasil con un 10,3 %, Estados Unidos con un 4,9 %, China con un 4.1 %, Republica Unida de Tanzania con un 4 %, México con un 4 %, son, Uganda con un 3,4 % y el resto de los países con un 36 %. Los países que superan el rendimiento promedio son: Estados Unidos, China, Myanmar y Etiopia obtuvieron un rendimiento de (2,04), (1,67), (1,59) y (1,56) t/ha respectivamente; Brasil es el tercer principal productor del mundo con un rendimiento de 1,04 t/ha; India y México obtuvieron un rendimiento inferior, 0,42 y 0,71 t/ha (CEDRSSA, 2020).

En el Ecuador el rendimiento de fréjol es uno de los más bajos a nivel de Sudamérica, 0,472 t/ha (Beebe *et al.*, 2017), debiéndose principalmente al ataque de enfermedades, entre las más comunes en la zona central del Litoral Ecuatoriano tenemos: la Roya (*Uromyces appendiculatus*), Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), pudriciones radiculares (*Fusarium spp.*, *R. solani* y *Macrophomina phaseolina*) y Virosis (Garcés *et al.*, 2013).

Otro motivo son las plagas que ocasionan grandes consecuencias al cultivo, antes y después de la cosecha, el fréjol es una variedad cosmopolita, es decir se cultiva en diferentes altitudes y en diferentes tipos de suelos esto produce que las plagas también se expandan, por lo que su control en ocasiones se torna muy difícil, produciendo así, limitación en su rendimiento. El ataque de plagas se asocia a la baja calidad de nutrientes de los suelos, debido al uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos que son incorporados de forma masiva y sin sustentación técnica adecuada, han hecho que los suelos pierdan su reserva y fertilidad natural, lo cual ha afectado directamente al desarrollo de la planta, debido a deficiencias nutricionales o a toxicidades (Pastor & Schwartz, 1994). Considerando los aspectos presentados de la

situación del fréjol, se plantea la incorporación de productos biofertilizantes que pueda incrementar el rendimiento del cultivo.

Es fundamental encontrar y probar productos alternativos naturales que ayuden al manejo de los cultivos sin perjudicar al suelo y garantizar mejores rendimientos en los sistemas de producción (Blandón & García, 2017). Estudios muestra que la utilidad de las micorrizas en los sistemas agrícolas recoge una visión sustentable, ecológica, orgánica y hasta convencional. De hecho, la presencia de micorrizas en los suelos, moviliza una gran cantidad de nutrientes que no estaban a disposición de las plantas, las micorrizas mejoran la capacidad productiva de suelos poco productivos, como los afectados por la desertificación, la salinización, la erosión hídrica y eólica (Navarro, 2015).

El propósito es garantizar una buena producción agrícola, asegurar altos rendimientos, resistencia a plagas, resiliencia ante cambios ambientales, disminución en el uso de recursos como el agua, mayor producción por metro cuadrado, aportar a la regeneración de suelos en constante producción y asegurar la disponibilidad de nutrientes inmóviles (Ortiz, 2018). Por este motivo se plantea demostrar cual es la eficiencia de los biofertilizantes, micorrizas nativas y comerciales en el desarrollo fenológico y en el rendimiento del cultivo de fréjol y evaluar el grado de colonización de hongos micorrízicos en las raíces para comparar su relación con el rendimiento del cultivo, de esta manera se determinará si la aplicación de biofertilizantes micorrízicos mejora el rendimiento y el desarrollo fenológico del cultivo. El proyecto de investigación se llevó a cabo en la quinta experimental La Argelia de la Universidad Nacional de Loja, Provincia de Loja, Cantón Loja.

## 4 Revisión literaria

### 4.1 Agrotecnia del cultivo

#### 4.1.1 *El cultivo del fréjol*

Es uno de los productos más consumidos por el ser humano dado que posee una gran cantidad de proteína, vitaminas y minerales que son esenciales para la nutrición, además se puede cultivar en climas cálidos y templados lo que facilita su producción, es originario de América y se le conoce con diferentes nombres entre los cuales tenemos los siguientes: frijol, frisol, fréjol, poroto, habichuela, habilla, caraota, judía, alubia entre otros. Existen muchas variedades por lo cual sus características son ligeramente diferentes entre sí. Algunas plantas son pequeñas de 20 a 60 centímetros de altura, otras llegan a crecer y extenderse hasta alcanzar 2 a 3 m, requiere suelos profundos y fértiles, además de buenas propiedades físicas como textura franca, arenoso-limosa, aunque también tolera texturas franco arcillosas, puede adaptarse en suelos con pH entre 5,5 a 6,5, con topografía plana y ondulada con buen drenaje, requiere una precipitación de 350 a 600 mm, de 10 a 12 horas de luz, una temperatura mínima de 10 a 12 °C y una máxima de 30 a 32 °C, con altitudes de 1 200 a 2 900 m.s.n.m, no es tolerante a la salinidad (Morales, 2015).

#### 4.1.2 *Taxonomía*

Según Nivicela (2021) la clasificación taxonómica es la siguiente:

**Reino:** Plantae

**Sub Reino:** Tracheobionta

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Fabales

**Familia:** Fabaceae

**Género:** *Phaseolus*

**Especie:** *Vulgaris*

**Nombre binomial:** *Phaseolus vulgaris* L.

**Nombres comunes:** Fréjol, frijol, poroto, judía, etc.

### 4.1.3 Variedades

Según Pucuji (2016) las variedades principales y más conocidas en el país pueden ser las siguientes:

**Fréjol Cargabello:** es una variedad que tiene un grano de color rojo con pintas crema; es de tamaño grande y se produce en las provincias de Imbabura, Carchi y Pichincha, la siembra noviembre a enero y su cultivo de julio a septiembre.

**Fréjol Calima rojo:** tiene grano de color rojo con crema (rojo moteado) de tamaño mediano; se lo puede cultivar desde el clima tropical hasta el templado y se produce en la zona norte en las provincias de Imbabura, Carchi y Pichincha.

**Fréjol TOA:** es una especie mejorada, los granos se caracterizan por ser grandes de color rojo moteado y tiene gran demanda en Colombia.

**Fréjol Canario:** fréjol voluble (2 600-2 900 msnm) ciclo del cultivo 180 - 210 días, en asociación con maíz. Conocido como el rey de los fréjoles por su sabor y textura. Los granos son grandes o medianos y de color amarillo. Hay varias variedades parecidas que poseen tonos amarillentos. INIAP 480 e INIAP 420 (Canario del Chota).

**Fréjol Calima negro:** en Ecuador se cultivan varias clases de fréjol negro, las más populares son la calima y la caraota. Esta especie es muy apetecida en países como Cuba, México, Brasil, Colombia y Venezuela. En el país también se consume, aunque la producción está direccionada básicamente para la exportación a Europa, donde tiene creciente demanda. Se cultiva en climas cálido y templado.

**Fréjol Panamito blanco:** los granos se caracterizan por el color blanco, la forma ovalada y semi aplastada. Se consume en seco y tierno, se cultiva en Azuay, Loja y en Chimborazo.

**Bolón:** fréjol voluble de varios colores: bayo, amarillo, bola- ojo negro, bola- Canario, blanco.

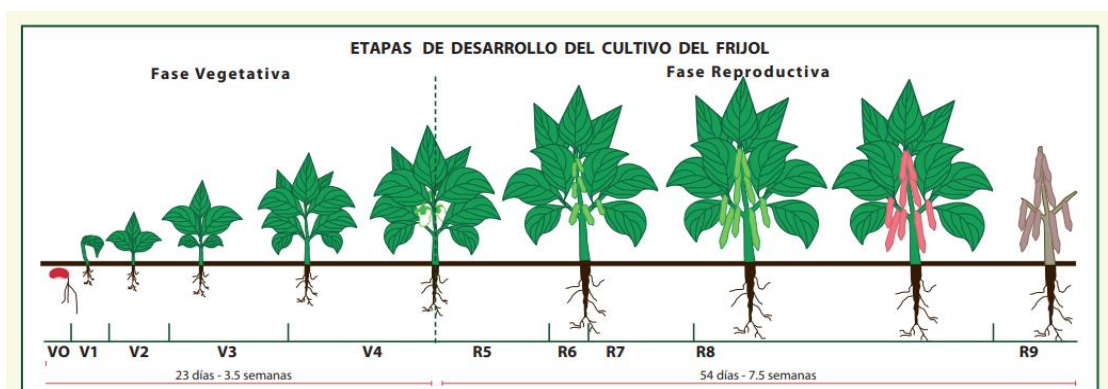
**INIAP 422 Blanco Belén:** se originó de un cruzamiento realizado en 1997 en el CIAT (Cali, Colombia) por investigadores del PRONALEG-GA del INIAP, entre las líneas WAB 82 x INIAP 417 Blanco Imbabura, fue liberada en el año 2003 en Loja. Posee ciertas características tales como: es una variedad de fréjol de **crecimiento tipo arbustivo** sin guía, de grano grande de color blanco, tiene resistencia genética a la roya, su rendimiento en grano seco es de 2 193 kg/ha, la altura de la planta es de 46 cm, color blanco, tiene una forma alargada

aplanada, 43 días de floración, 79 días de la cosecha en verde, 99 días de la cosecha en seco, se adapta a alturas de 1 000 a 2 200 m, además presenta buena adaptación en localidades de los valles de Cañar, Azuay y Loja (Peralta I. *et al.*, 2014).

#### 4.1.4 Fenología del cultivo

##### Etapas del desarrollo del fréjol

El cultivo del fréjol, según Fernández (1986) comprende dos fases, la vegetativa y reproductiva, en la cual se detallan en la tabla 1. En la figura 1 se representa las etapas del desarrollo del cultivo del fréjol.



**Figura 1.** *Etapas de desarrollo del cultivo del fréjol.*

**Fuente:** (García, 2009).

##### Fase vegetativa

Comienza cuando la semilla encuentra las condiciones adecuadas para germinar y termina cuando aparecen los primeros botones florales, esta fase es de suma importancia debido que se forma la mayor parte de la estructura vegetativa de la planta, esencial para su producción

##### Fase reproductiva

Comienza cuando aparecen los primeros botones florales, y culmina en la etapa de maduración cuando el grano alcanzó un grado de madures necesario para realizar la cosecha y su posterior comercialización.

**Tabla 1.** *Descripción de las Etapas de desarrollo del Cultivo del Fréjol.*

Fase	Etapa		Evento con que inicia cada etapa
	Código	Nombre	
Vegetativa	V0	Germinación	La semilla está en condiciones favorables para iniciar la germinación.
	V1	Emergencia	Los cotiledones del 50 % de las plantas aparecen al nivel del suelo.

Reproducción	V2	Hojas primarias	Las hojas primarias del 50 % de las plantas están desplegadas.
	V3	Primeras hojas trifoliadas	La primera hoja trifoliada del 50 % de las plantas está desplegada.
	V4	Terceras hojas trifoliadas	La tercera hoja trifoliada del 50 % de las plantas está desplegada
	R5	Prefloración	Los primeros botones o racimos han aparecido en el 50 % de las plantas.
	R6	Floración	Se ha abierto la primera flor en el 50 % de las plantas.
	R7	Formación de las vainas	Al marchitarse la corola, en el 50 % de las plantas aparece por lo menos una vaina.
	R8	Llenado de las vainas	Llenado de semillas en la primera vaina en el 50 % de las plantas.
	R9	Maduración	Cambio de color en por lo menos una vaina en el 50 % de las plantas (del verde al amarillo uniforme o pigmentado).

**Fuente:** (Valladolid, 2001).

#### 4.1.5 *Requerimientos nutricionales*

Al haber una diversidad de variedades de fréjol los requerimientos varían entre sí, por este motivo se recolecto diferentes requerimientos nutricionales de distintos autores y se realizó un promedio entre ellos (Tabla 2).

**Tabla 2.** *Requerimiento Nutricional en kg/ha del Cultivo del Fréjol.*

Citas bibliográficas	N	P2O5	K2O	Ca	S	MgO	Zn	B
(Arias et al., 1990)	110.00	25.00	84.00	92.90				
(Flores Lazaro, 2022)	60.00	80.00	40.00					
(Coral, 2020)	80.00	60.00	45.00	13.00	10.00	12.00	0.50	0.30
(Ayala Garay et al., 2021)	107.00	35.00	135.00	80.00		27.85		
(Ruiz Corral et al., 2013)	134.00	36.66	140.41	64.00	23.00	34.81		
<b>Promedio</b>	<b>98</b>	<b>47</b>	<b>89</b>	<b>62</b>	<b>17</b>	<b>25</b>	<b>0.5</b>	<b>0.3</b>

**Fuente:** *Autor*

#### 4.1.6 *Producción de fréjol en el Ecuador*

Según el INEC (2011) la producción de cultivos transitorios ocupa un 8,44 % de la superficie a nivel nacional, 139 ha de fréjol son cultivadas y cosechadas teniendo una producción de 37 toneladas métricas (Tm), por lo cual el rendimiento es de 0,27 t/ha.

Según INEC (2018) menciona que la superficie cosechada de fréjol seco a nivel nacional es de 17 683 ha con una producción de 11 095 Tm, teniendo un rendimiento de 0,62 t/ha, en la provincia de Loja la superficie cosechada es de 251 ha ,con una producción de 170 Tm llegando a tener un rendimiento de 0,68 t/ha. Sin embargo, la superficie cosechada de fréjol tierno a nivel nacional es de 9 392 ha y su producción es de 21 610 Tm, con un rendimiento de

2,3 t/ha. En la provincia de Loja la superficie cosechada es de 67 ha, con una producción de 56 Tm, llegando a tener un rendimiento de 0,84 t/ha.

## **4.2 Micorriza**

El término micorriza lo propuso el botánico alemán Albert Bernard Frank, el descubrimiento de las micorrizas fue producto de la casualidad, se le encomendó al investigador que encontrara una manera de como incrementar la producción de trufas en los bosques de Prusia lo que hoy en día es Alemania, pero no logro tener éxito en su encomienda, sin embargo, encontró la primera relación entre un hongo y la raíz de un árbol a la cual le denominó *mykorrhiza*, en griego: *myko* = hongo y *rhiza* = raíz (hongo de raíz), Loredó (2020) menciona que estos hongos son capaces de crear una simbiosis con las raíces en más de un 90 % de las especies de plantas terrestres en el planeta, esta simbiosis es de un mutuo beneficio, el hongo capta nutrientes y agua a través de las hifas aumentando el área de exploración de la raíz, la cual nutre a la planta, y a su vez la planta proporciona al hongo cantidades de azúcares, aminoácidos, ácidos grasos y el carbono fijado por la planta mediante el proceso de la fotosíntesis (Urgiles *et al.*, 2009).

## **4.3 Hongos micorrízicos**

Los hongos micorrízicos, establecen relaciones simbióticas con la mayoría de las plantas cultivadas. Están involucradas con el mejoramiento de la nutrición mineral, el control de patógenos, la tolerancia a sequías y la biorremediación. Ocasionan una estimulación del crecimiento, atribuible principalmente al mejoramiento de la nutrición fosfórica. En los cultivos básicos, esta simbiosis promueve el crecimiento vegetativo y aumenta los rendimientos de grano (Teplantlán *et al.*, 2015).

Al asociarse con los hongos micorrízicos las plantas incrementan su eficiencia en la toma de nutrientes y agua del suelo, lo cual puede repercutir en un incremento en biomasa y una mayor protección contra el ataque de patógenos y los efectos tóxicos de algunos metales pesados (Guadarrama *et al.*, 2004).

### **4.3.1 Beneficios de las micorrizas en el suelo**

La utilidad de las micorrizas en los sistemas agrícolas recoge una visión sustentable, ecológica, orgánica y hasta convencional. El propósito es garantizar una buena producción agrícola, asegurar alto rendimiento, resistencia a plagas, resiliencia ante cambios ambientales, disminución el uso de recursos como el agua, mayor producción por metro cuadrado, aportar a

la regeneración de suelos de constante producción y asegurar la disponibilidad de nutrientes inmóviles (Ortiz, 2018).

Los resultados expuestos sugieren una asociación planta-microorganismo efectiva, considerando la inoculación simple y coinoculación de *Rhizobium* y micorrizas como una alternativa viable, sostenible y ecológica para la producción del cultivo del frijol. En sentido general la coinoculación *Rhizobium* + Micorrizas, mostró los mejores resultados en las variables de crecimiento evaluadas, así como en el rendimiento y sus componentes (Gómez *et al.*, 2007).

Tamayo (2020) menciona que la aplicación de bioproductos (hongos micorrízicos arbusculares y *Spiruvina*) incrementaron el crecimiento y el rendimiento del cultivo de frijol variedad Delicia 364, en un 37,9 % de la producción anual.

Aumenta el área de exploración de la raíz, facilita a la planta la adquisición de agua y nutrientes, limitan la absorción de metales pesados tóxicos como el zinc y el cadmio, mejora la resistencia contra agentes patógenos, mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, lo estabilizan para la formación de agregados y el enriquecimiento en materia orgánica, mejora la capacidad de resistencia al estrés hídrico (Salgado, 2007).

#### **4.3.2 Tipos de micorrizas**

Según Smith & Read, 1997 citado por Andrade (2010) menciona que la clasificación de se estableció en 7 tipos de micorrizas entre las cuales tenemos:

**Ectomicorrizas:** se caracteriza por la penetración de las hifas del hongo hacia las raíces secundarias, se introduce entre los espacios intersticiales rodeando las células, es decir, no perfora la pared para penetrar a la célula vegetal sino dan lugar a una trama intercelular llamado “red Hartig” en donde se lleva principalmente nutrientes, estas micorrizas se las puede observar a simple vista y están presentes en especies forestales y leñosos.

**Micorrizas arbusculares o endomicorrizas:** se caracterizan por penetrar en la célula formando dos tipos de estructuras, la primera se denomina arbusculo, se origina cerca del cilindro vascular de la planta mediante numerosas ramificaciones dicotómicas sucesivas de una hifa, y tiene la función de transferir nutrimentos desde y hacia la planta, y la segunda estructura se la denomina como vesícula, y puede o no estar presente, dependiendo del hongo, tiene forma ovalada a esférica, puede formarse entre o dentro de las células radicales, y funciona como almacén de nutrimentos para la planta, este tipo de micorrizas son muy importantes para la



agricultura y fruticultura ya permite incrementar el desarrollo y el rendimiento de leguminosas, cítricos, fresas entre otros.

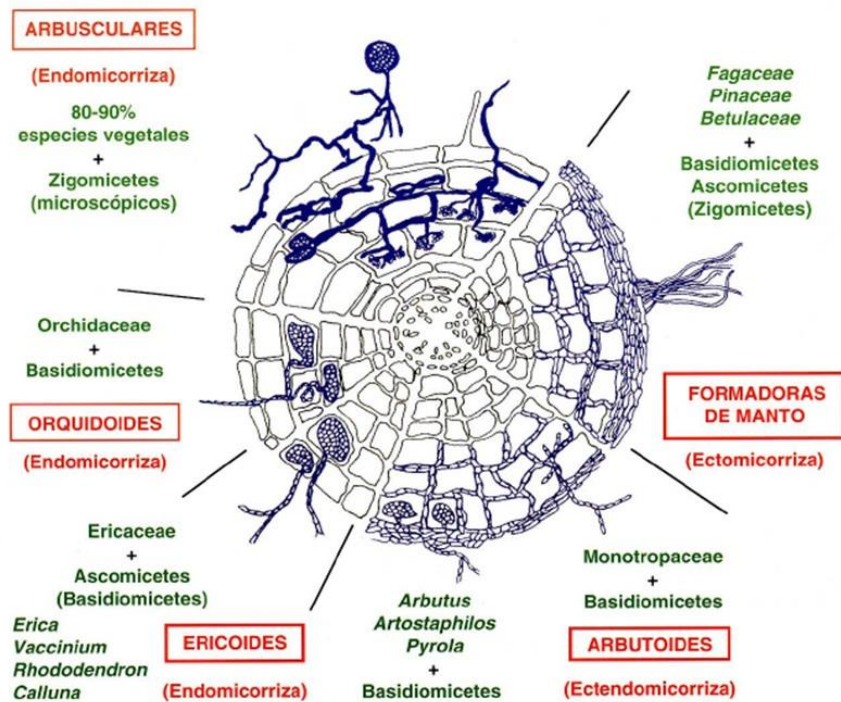
**Micorrizas de orquídeas o endomicorriza orquideoide:** al igual que las arbusculares el hongo las hifas penetran las células y formando estructuras, este tipo de micorriza se distingue de las demás por presentarse principalmente solo en orquídeas, está conformado por hongos de tipo *Basidiomycotina*, además es muy dependiente del hongo debido que permite la estimulación en la germinación asegurando el crecimiento en la etapa inicial.

**Micorriza ericoide:** en este tipo de micorrizas las hifas también penetran las células formando estructuras, con una diferencia que la planta asociada a esta micorriza pertenece al grupo de las ericales (plantas que crecen en suelos pobres o ácidos).

**Ectendomicorriza:** este tipo de micorrizas posee las características de una ectomicorriza y de endomicorrizas en un menor grado esta interacción se presenta principalmente entre hongos de los grupos *Basidiomycotina* y *Ascomycotina*, y plantas coníferas del género *Pinus*, aunque también se ha reportado para algunas angiospermas (plantas con flores).

**Micorriza arbutoide:** posee características de las ectendomicorriza, además aparecen en plantas del género *Arctostaphylos*, *Arbutus* y *Pyrola*, integrantes del orden Ericales, comúnmente conocidas como madroños.

**Micorriza monotropoide:** es un tipo de ectendomicorriza, se establece solamente entre plantas de la familia Monotropaceae (perteneciente al orden Ericales), la cual tiene 10 géneros de plantas pequeñas completamente aclorófilas (sin clorofila), por lo que dependen mucho del hongo asociado para la obtención de nutrientes.



**Figura 2.** Tipos de micorrizas.

**Fuente:** (Cuellar, 2018).

### 4.3.3 Biofertilizantes

Un biofertilizante es una preparación que contiene células vivas o latentes provenientes de cepas eficientes de microorganismos que aceleran los procesos microbianos del suelo mejorando la asimilación de nutrientes por parte de las plantas. Los biofertilizantes tienen la capacidad de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al estrés por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas. Los biofertilizantes contienen formulaciones de agentes microbianos (hongos micorrízicos arbusculares - HMA, bacterias promotoras del crecimiento - PGPR, actinomicetos y algas). Existen varios tipos de biofertilizantes como los abonos y el compost, así como aquellos que incluyen inoculantes microbianos y otros derivados de subproductos agrícolas y animales, a medida que la población incrementa se requiere mayor cantidad de alimentos, con la finalidad de asegurar la soberanía alimentaria y garantizar el bienestar de la población, se requiere la implementación de nuevos productos amigables con el ambiente que garanticen el incremento del rendimiento de los cultivos en una menor área de producción, evitando el daño al ambiente y la salud de los consumidores (Armenta *et al.*, 2010).

#### **4.3.4 Productos micorrízicos**

##### **Producción de inóculo nativo micorrízico**

El inóculo de suelo nativo se prepara recogiendo suelo y raíces de varias especies de HMA presentes en sistemas agroforestales a una profundidad de 15-30 cm y son propagadas en macetas de 20 cm de diámetro con una planta huésped ejemplo [*Zea Mays* (maíz)] en un sistema semicerrado. Una vez desarrollada la planta huésped, se recoge el sustrato junto con las raíces y, a continuación, se cortan las raíces de la planta huésped en trozos de unos 2 cm de longitud. La mezcla resultante de sustrato, fragmentos de raíces, hifas fúngicas y esporas se seca al aire a temperatura ambiente para obtener el inóculo seco (Guachanamá, 2020; Urgiles *et al.*, 2014).

##### **Micorriza líquida**

Se presenta a nivel comercial como Micorriza líquida VAM (Vesicular-Arbuscular-Micorrizas), es un producto biológico, 100 por ciento natural y ecológico, su grado de infección es de 500 000 esporas o hifas de hongos VAM, con una densidad de 1,675 g/litro, proveniente de bosques con árboles nativos de la selva tropical ecuatoriana, que mejora significativamente el crecimiento de las plantas. Dosis recomendada del producto para plantas de jardín: 15 ml/planta, arbustos de 30 cm, 30 ml/planta, Césped: 65 ml/m<sup>2</sup>. Porta injertos (Patrones de rosas) humedecer con el producto el tallo y sembrar.

Para semilleros: empapar y/o humedecer la semilla y se procede a sembrar; y, también se puede aplicar esta dilución una vez colocadas las semillas sea en el canal o en el hueco de la bandeja, y luego tapar con el sustrato preparado. En cultivos intensivos como rosas, tomate riñón y fresas; diluir 1 litro de micorriza líquida VAM en 40 litros de agua, esta cantidad sirve para una cama de 30 m de largo por 70 cm de ancho.

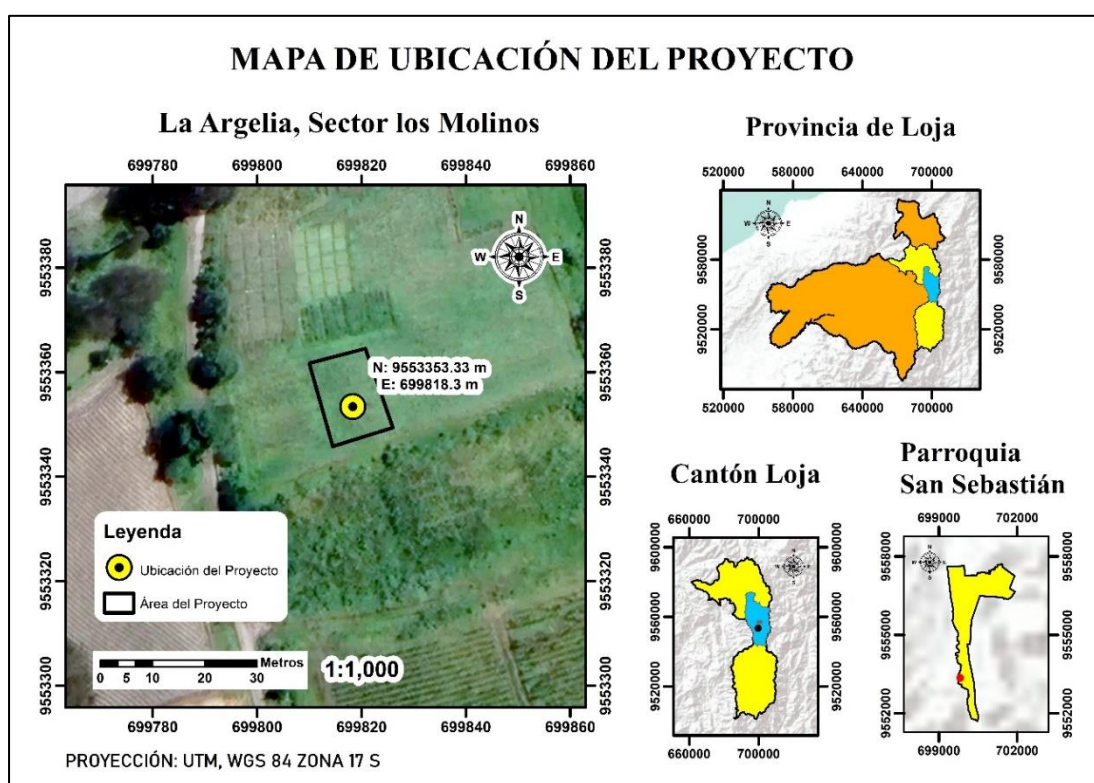
##### **Micorriza sólida comercial (Orgevit®).**

Este producto es un fertilizante orgánico conformado por ácidos húmicos y micorrizas, su presentación es sólida paletizado de color café, no presenta olor, pH de 7 (neutro) y una densidad de 600 - 500 kg/m<sup>3</sup>, además, pose concentraciones de macro nutrientes (N, P, K, Mg, S, Ca), micro nutrientes (Fe, Mn, B, Mo, Co, Zn), metales pesados (Cd, Cr, Pb, As, Hg, Ni), ácidos húmicos (50 %), materia orgánica total (75 %), micorrizas (100 mil esporas /libra), una relación C/N de 9 % y una conductividad eléctrica (EC) de 5,1 ms/cm.

## 5 Metodología

### 5.1 Área de estudio

El proyecto se llevó a cabo en la quinta experimental La Argelia sector los molinos, extensión de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en las coordenadas 699 818,30 m E y 9 553 353,33 m N, una altitud de 2 129,83 m.s.n.m, cuenta con temperaturas de 9 a 24 °C, con una humedad relativa que varía entre 66 a 84 %, la nubosidad registrada alcanza un promedio de 74 %. La precipitación media multianual es de 1 031 mm según menciona INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) en sus registros meteorológicos del 2010 - 2019.



**Figura 3.** Mapa de ubicación del proyecto.

**Fuente:** Autor

### 5.2 Enfoque de investigación

El desarrollo de este tema se realizó bajo un enfoque mixto, que es la combinación de los enfoques cualitativos y cuantitativos, este enfoque analiza las variables y sus resultados combinándolas en un mismo estudio. Dado que se busca comprobar los objetivos del proyecto, se planteó la recolección de datos campo para determinar cuál es el comportamiento de tres productos micorrízicos y cómo influye en el porcentaje de colonización y en el rendimiento del cultivo del fréjol.

### 5.2.1 Población.

Estuvo conformada por tres tratamientos micorrízicos y un testigo con cinco repeticiones cada uno, para determinar la influencia de los productos micorrízicos en el rendimiento y en la fenología del cultivo del fréjol.

### 5.2.2 Diseño de la investigación

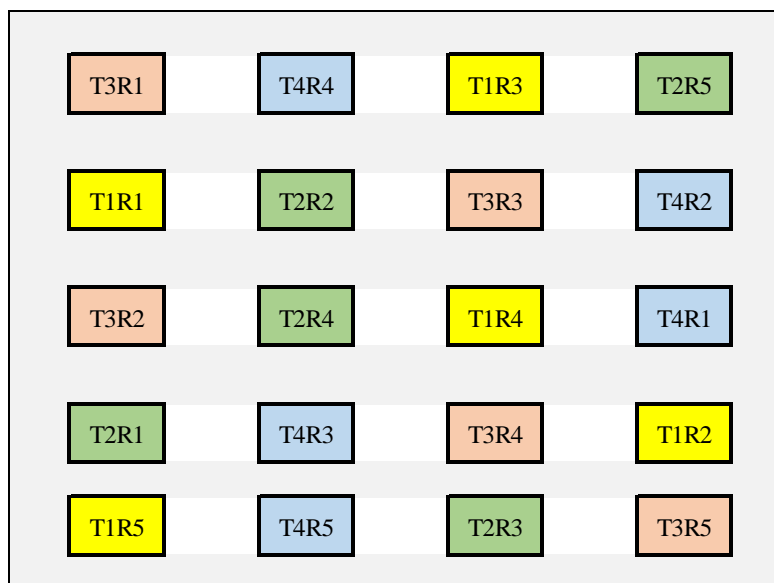
Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y cinco repeticiones (Figura 4). El proyecto estuvo conformado por 20 unidades experimentales en total, cada unidad con 25 plantas, dando un total de 500 plantas.

Con los datos obtenidos del proceso de investigación, se realizó el análisis de varianza (ANOVA), con el test de Tukey al ( $p < 0,05$ ) para comparaciones múltiples, los resultados fueron analizados mediante un software estadístico y hojas de cálculo.

**Tabla 3.** Clasificación de los tratamientos

N°	Símbolo	Fuentes de inóculo de HMA.	Observaciones
T1	SM	Testigo	Sin micorriza
T2	MLC	Micorriza líquida comercial	88 ml/semilla
T3	MN	Micorrizas nativas	2 g/semilla
T4	MSC	Micorriza solida comercial – Orgevit®	2 g/semilla

Fuente: Autor

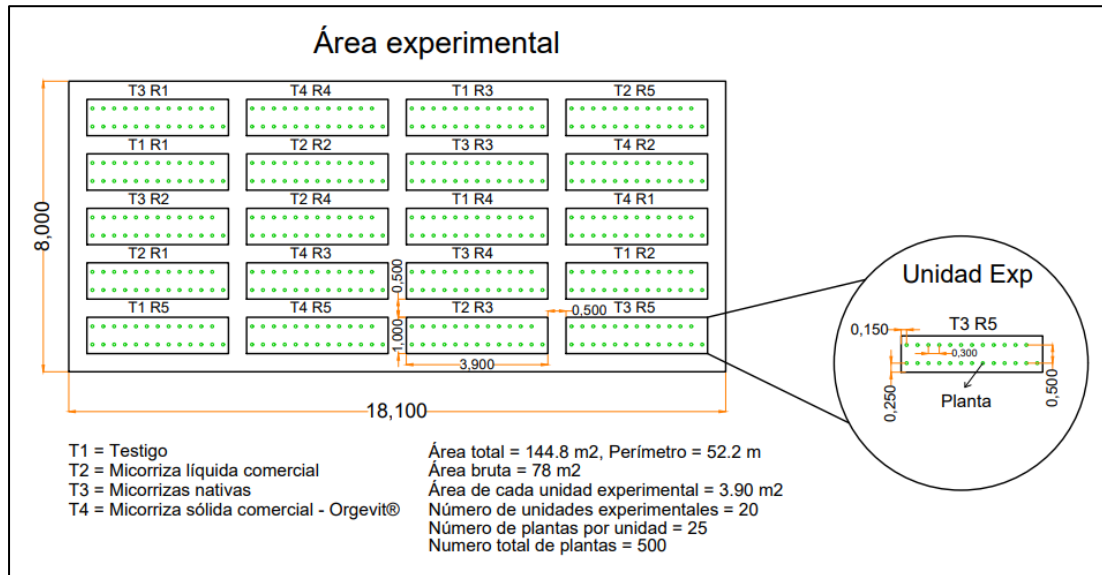


**Figura 4.** Esquema del arreglo experimental de las parcelas para el cultivo de fréjol

Fuente: Autor

### 5.2.3 Características del área del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.)

En el proyecto experimental en campo se utilizó la variedad INIAP 422 Blanco Belén, se propuso una densidad de siembra de 0,30 m entre plantas y 0,5 m entre surcos, el proyecto estuvo conformado por 20 unidades experimentales, cada unidad contiene un área de 3,90 m<sup>2</sup> (3,9 m x 1 m), el área bruta corresponde a 78 m<sup>2</sup>, el área total es de 144,8 m<sup>2</sup> (18,10 m x 8 m) incluyendo pasillos de 0,5 m de ancho (Figura 5).



**Figura 5.** Área experimental del proyecto

**Fuente:** Autor

## 5.3 Metodología para el primer objetivo

*Determinar la eficiencia de los biofertilizantes micorrízicos en el desarrollo fenológico y en el rendimiento del cultivo de fréjol.*

### 5.3.1 Técnicas de recolección de datos

La técnica que se utilizó fue la medición de variables agronómicas del cultivo, los datos fueron registrados en la libreta de campo, las mediciones se realizaron a los 15 días después de la emergencia del cultivo a 10 plantas seleccionadas al azar en cada una de las repeticiones, con el fin de observar el desarrollo del cultivo.

### 5.3.2 Variables a evaluar

- N° de días a la germinación.
- N° de días a las hojas verdaderas,
- Altura de la planta.

- Diámetro del tallo.
- N° de hojas (unidades).
- N° de flores (unidades).
- N° de días a la floración.
- N° de días a la cosecha en verde.
- N° de vainas por planta (unidades).
- Longitud de la vaina.
- Rendimiento en vaina verde (kg/ha).
- Número de nódulos.

Estas variables se midieron con el fin de evaluar el comportamiento del cultivo.

### **5.3.3 *Materiales***

- Cámara fotográfica
- Esferográficos
- Libreta o cuaderno
- Regla
- Estacas
- Piola
- Cinta métrica

### **Insumos**

- Abonos
- Semilla
- Micorriza líquida
- Orgevit
- Micorrizas nativas

### **Herramientas**

- Palas
- Barretas
- Lampas
- Azadones

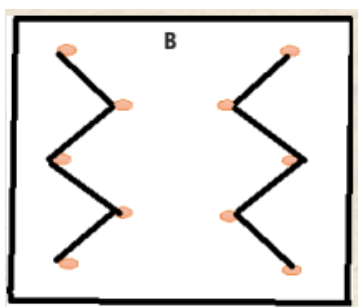
### **Equipos**

- Computadora

#### **5.3.4 Manejo del ensayo, labores Preculturales.**

##### **Muestreo para Análisis de suelo**

Se realizó un muestreo compuesto (Anexo 1), el cual se realizó en zig-zag (Figura 6) desde la parte inicial hasta el final del terreno, para luego colocar las submuestras en un bote, mezclar y utilizando una manta se procedió a realizar un cuarteo eliminando extremos opuestos hasta obtener la cantidad de muestra requerida (1 kg), misma que posteriormente se llevó al laboratorio (Jaramillo en el cantón Catamayo provincia de Loja) y así realizar los análisis correspondientes (textura, pH, MO, CIC, Macro y Micro nutrientes) que son esenciales para el desarrollo del cultivo (Mendoza & Espinoza, 2017).



**Figura 6.** *Recorrido de muestreo Zig-Zag.*

**Fuente:** (Mendoza & Espinoza, 2017).

##### **Limpieza y preparación del terreno**

Se realizó de manera manual utilizando lampas, azadones y rastrillos 2 semanas antes de realizar la siembra, no se implementó maquinaria para evitar la compactación del suelo (Anexo 2).

##### **Trazado y nivelación de las unidades experimentales**



Se realizó tomando en cuenta las dimensiones propuestas del proyecto (Figura 5), utilizando piola y estacas, y así obtener las 20 unidades experimentales necesarias para ejecutar el proyecto (Anexo 3).

### **5.3.5 Manejo del ensayo, labores culturales.**

#### **Siembra e inoculación de semillas**

Se realizó el 12 de Julio del 2022, para obtener una mejor emergencia se colocaron las semillas en un recipiente con agua por 48 horas antes de realizar la siembra, la inoculación se realizó al mismo tiempo que la siembra (Anexo 4).

Debido al tiempo climático se realizó una resiembra que se llevó a cabo el 24 de julio del 2022 (Anexo 5).

#### **Riego**

Para determinar las necesidades hídricas del cultivo, se realizó tomando en cuenta la precipitación, evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>), coeficiente de cultivo (kc) evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>), precipitación efectiva (Pe) y la densidad de siembra, la lámina aplicada para el mes de julio (0.42 mm/día), agosto (1.79 mm/día), septiembre (5.15 mm/día), octubre (3.99 mm/día) y noviembre (3.12 mm/día) (Anexo 28), la aplicación se realizó mediante aspersión.

#### **Control de malezas**

La deshierba se realizó manualmente con el uso de lampas y azadones, se realizaron cada dos semanas.

#### **Fertilización**

Se la realizó tomando en cuenta los resultados del análisis de suelo (Anexo 23), los resultados muestran que el suelo posee la capacidad de cubrir las demandas del cultivo excepto por el Nitrógeno, sin embargo, se aplicó una fertilización a base de urea (46 % de N) y abono completo (12-36-12).

**La primera aplicación** fue de Urea (1,78 g/planta) se realizó a los a los 19 días a partir de la fecha de siembra. **La segunda aplicación** se utilizó un fertilizante completo (2,16 g/planta), se aplicó el primer mes de haber realizado la siembra, **La tercera aplicación** se utilizó un fertilizante completo (4,40 g/planta), aplicado al segundo mes de haber realizado la siembra (Anexo 19). En el anexo 25 se muestra la cantidad de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O que se agregó en

cada aplicación, el potasio no se aplicó todo su requerimiento debido a que el terreno posee una gran cantidad de este nutriente y para evitar el exceso del mismo. Además, el porcentaje de saturación de bases muestra que existe una deficiencia de magnesio según los rangos óptimos para el cultivo (Arias *et al.*, 2007), (Anexo 26). Sin embargo, la relación de bases cambiables muestra que se encuentra en rangos óptimos (Bertsch, 1987), (Anexo 27).

### **Controles fitosanitarios**

Durante el todo el proceso de crecimiento del cultivo se aplicó el producto llamado bauveria el cual es un insecticida biológico, es capaz de parasitar a distintas especies de insectos y así manteniendo las plagas controladas.

### **Cosecha**

Se realizó de forma manual en cada una de las repeticiones una vez alcanzó la madures fisiológica

#### **5.3.6 Datos evaluados.**

##### **Nº de días a la germinación.**

Se determino cuando alcanzo el 50 % de la germinación de cada repetición, además se determinó la curva de germinación del cultivo.

##### **Nº de días a las hojas verdaderas.**

Se determino cuando se alcanzó más del 50 % de aparición en las plantas, a partir del día de la siembra.

##### **Altura de plantas.**

Se midió la distancia con un flexómetro (cm) desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja trifoliada a los 15 días después de la emergencia del cultivo a 10 plantas tomadas al azar de cada repetición (Leal, 2016).

##### **Diámetro del tallo.**

Se midió en la parte media del tallo, empleando el pie de rey a los 15 días después emergencia del cultivo.

##### **Nº de hojas (unidades).**

Se consideró el número total de hojas existentes en las plantas, cada 15 días a partir de la germinación de las semillas.

**Nº de flores.**

Se considero el número total de flores presentes en cada planta.

**Nº de días a la floración.**

Se lo registró cuando el cultivo alcanzó alcanzo más del 50 % de las plantas, por lo general en la etapa de desarrollo R6 (Leal, 2016).

**Nº de días a la cosecha.**

Se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra hasta la etapa reproductiva R8 cuando el 50 % de las plantas posean las vainas completamente llenas.

**Nº de vainas por planta**

Se registro el número total de vainas presentes en cada planta.

**Longitud de la vaina**

Se lo realizó desde el pedicelo hasta el ápice de la vaina utilizando la una regla

**Rendimiento del grano (kg/ha) de grano fresco en cada tratamiento**

Con los datos de rendimiento por unidad experimental se procedió hacer una relación entre el área de la unidad – hectárea tomando en cuenta tres granos por golpe y se transformó en kilogramos. El resultado es el rendimiento en kg/ha en vaina verde (Matute, 2013).

**Número de nódulos**

Se registró los nódulos presentes en las raíces con ayuda de una lupa.

## **5.4 Metodología para el segundo Objetivo**

*Evaluar el grado de colonización de las raíces de fréjol para comparar el rendimiento del cultivo y los biofertilizantes micorrízicos.*

### **5.4.1 Técnicas de recolección de datos**

Se observaron las raíces del cultivo para determinar el porcentaje de infestación de los hongos micorrízicos, para ello, se sacrificó, dos plantas por cada repetición de cada uno de los tratamientos a los 90 días, respectivamente, después de haber germinado las semillas, se registró el número de nódulos presentes en la raíz, además, se realizó la práctica de tinción de raíces, mediante el microscopio se determinó la presencia y porcentaje de ocupación del hongo micorrízico en las raíces del cultivo del fréjol.

### **5.4.2 Evaluación del porcentaje de colonización de HMA en el fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*).**

#### **Tinción de raíces de fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*)**

Lugo (2018) menciona que el método de tinción se realiza para determinar la presencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), puesto que a simple vista es muy difícil determinar su presencia, por lo tanto, se recurre a técnicas de tinción para hacer visibles sus estructuras externas e internas en la raíz. La tinción se realiza con muestras de raíces jóvenes (raíces secundarias y terciarias), para la obtención de estas, se recolecta todo el sistema radical de la planta mediante el uso de una pala (Anexo 21). Para determinar el porcentaje de colonización de HMA se utiliza una escala la cual tiene valores de 0 a 5, siendo el valor de 5 el mayor grado de colonización (> 90 %) en la raíz (Figura 9).

El proceso de tinción comprende las siguientes etapas:

- Clarificación
- Neutralización
- Acidificación
- Tinción
- Eliminación de exceso de colorante

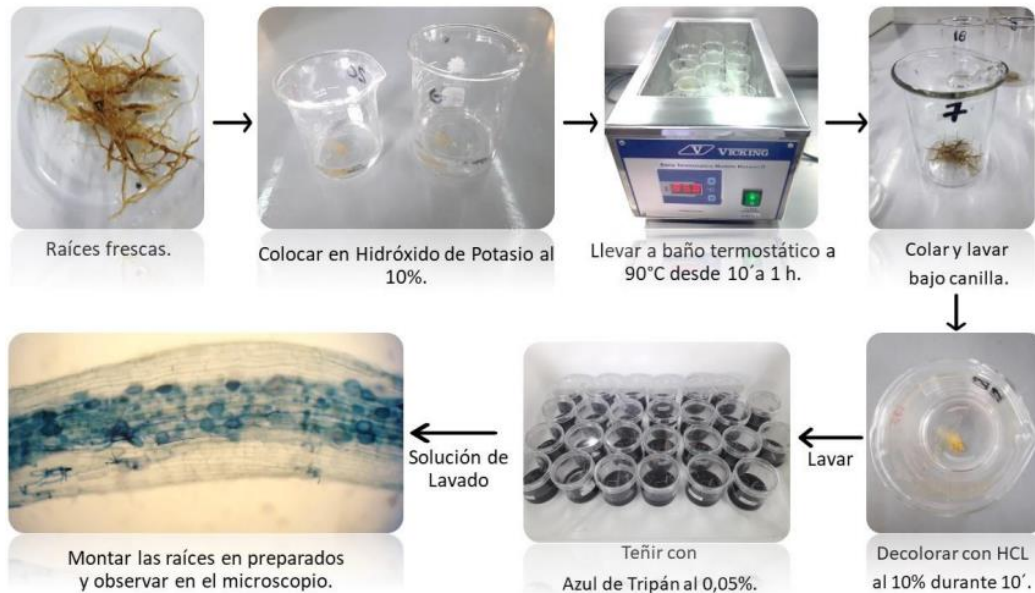
### 5.4.3 *Materiales/equipos*

- Azul de Tripán al 0,05 % en una solución de ácido láctico, glicerol y agua (1:1:1).
- Baño termostático, o baño maría
- Coladores.
- Peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) al 0,5 % en agua V/V (para raíces muy pigmentadas).
- Ácido clorhídrico (HCl) al 10 % en agua (V/V).
- Hidróxido de potasio (KOH) al 10 % en agua (P/V).
- Muestras de raíces.
- Solución de lavado (ácido láctico, glicerol y agua: 1:1:1).
- Tijera, cúter o bisturí.
- Vasos de precipitado o frascos.
- Microscopio óptico.
- Porta y cubreobjetos.

### **Procedimiento**

1. Se lavan las raíces y se cortan en trozos de 0,5 a 1 cm de longitud, o se utilizan completas si son pequeñas.
2. Se colocan las raíces a "clarificar" en vasos de precipitado o frascos con KOH a 90 °C en un baño termostático, durante 10 minutos a una hora, dependiendo de las características de las raíces; puede utilizarse H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en el caso de raíces gruesas y/o muy pigmentadas.
3. Se elimina el KOH y se lavan las raíces en coladores con agua corriente bajo canilla. Luego se colocan nuevamente las raíces en vasos y se añade HCl y se dejan así 10 minutos o el tiempo necesario para que queden traslúcidas.
4. Se elimina el HCl y se cubren las raíces con Azul de Tripán, llevando todo a baño termostático a 90 °C durante 10 minutos a 30 minutos.

5. Se elimina el Azul de Tripán y se agrega la solución de lavado, manteniendo así a las raíces hasta que dejan de decolorarse.
6. Por último, se montan los trozos de raíces en agua, glicerina o solución de lavado y se observa al microscopio; para hacer preparados permanentes se utiliza alcohol polivinílico.



**Figura 7.** Procedimiento para tinción y observación de raíces.

**Fuente:** (Lugo et al., 2018).

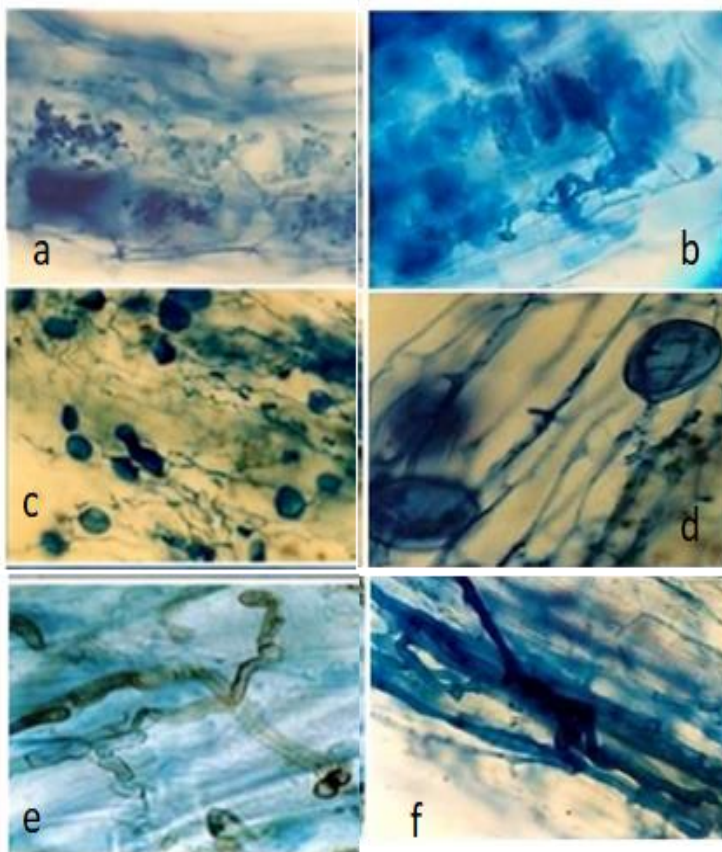
Comunicado (Narcisa Urgiles), se propuso realizar el siguiente el procedimiento para realizar la tinción de raíces.

**Procedimiento para determinar el porcentaje de colonización de raíces aplicando el método de tinción de raíces.**

- Se realizó la recolección de las raíces en la cual se sacrificó 2 plantas de cada repetición de cada uno de los tratamientos, se recolecto las raíces secundarias y terciarias se tomaron 25 segmentos de raíces por planta sacrificada de aproximadamente un milímetro de diámetro y 1 cm de largo (Anexo 21).
- Se lavó las raicillas recolectadas con agua destilada, colocando 5 segmentos en un tubo eppendorf con 2 ml de hidróxido de potasio (KOH) al 10 % a baño maría a 60 °C, por 20 minutos (Anexo 21).
- Retirar el hidróxido de potasio y lavar las raíces con agua destilada, colocar 2 ml de ácido clorhídrico (HCl) al 10 % a baño maría a 60 °C, por 2 minutos, las

raíces tomaron un color blanco, quedando las raíces sin fenoles para la tinción (Anexo 21).

- Retirar el ácido clorhídrico y lavar las raíces con agua destilada, colocar 2 ml de azul de metileno al 0,05 % a baño maría a 60 °C, por 20 minutos, una vez culminado los 20 minutos se dejó reposar por 24 horas para realizar el montaje de raíces (Anexo 21).
- Pasada las 24 horas se realizó el montaje colocando los 5 segmentos en un cubre objetos (placas) usando gotas de ácido láctico al 90 %, posteriormente se realizó la observación con ayuda del microscopio Olympus BX41 con el lente de magnificación de 10x25 en el cual se observaron hifas, esporas, vesículas y arbusculos (Anexo 21).

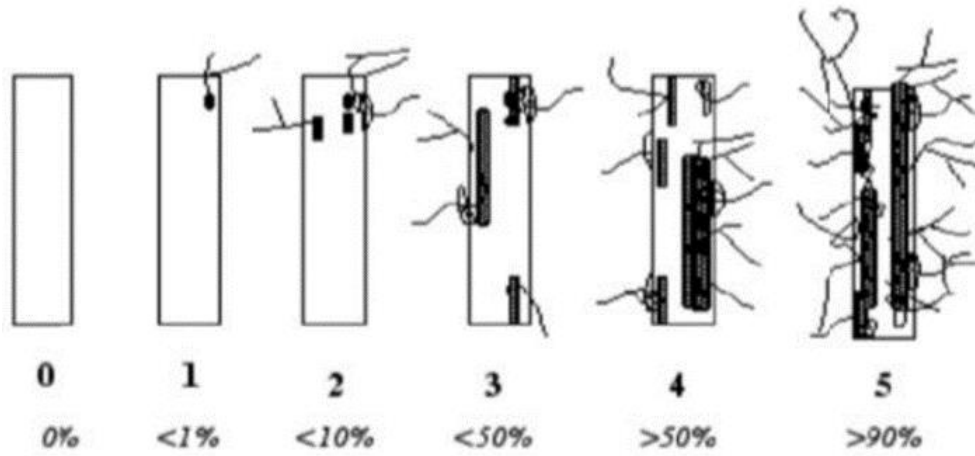


**Figura 8.** *Colonización de HMA en raíces bajo el microscopio*

**Fuente:** (Lugo *et al.*, 2018).

En la figura 8 se muestra la colonización de los HMA a y b; presencia de arbusculo HMA c y d; vesículas de HMA c, d y e; colonización de hifas f.

Para determinar el porcentaje de colonización de HMA, se utilizará la escala que se encuentra en la figura 9.



**Figura 9.** Escala para determinar el porcentaje de micorrización en raíces

**Fuente:** (Trouvelot *et al.*, 1986).



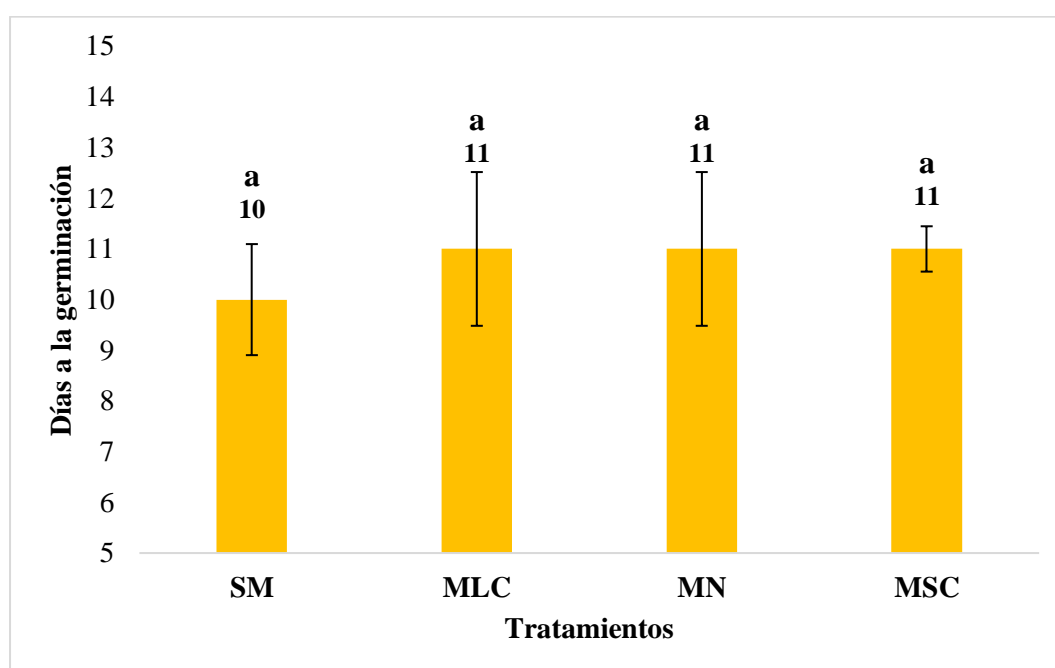
## 6 Resultados

### 6.1 Resultados del primer objetivo

*Determinar la eficiencia de los biofertilizantes micorrízicos en el desarrollo fenológico y en el rendimiento del cultivo de fréjol.*

#### 6.1.1 N° de días a la germinación y porcentaje de germinación.

Con base a los datos recolectados en campo (Figura 10), se observa que el tratamiento sin micorrizas (SM) presento el mejor promedio al número de días a la germinación (10 días) en comparación con los tratamientos micorrízicos (11 días).



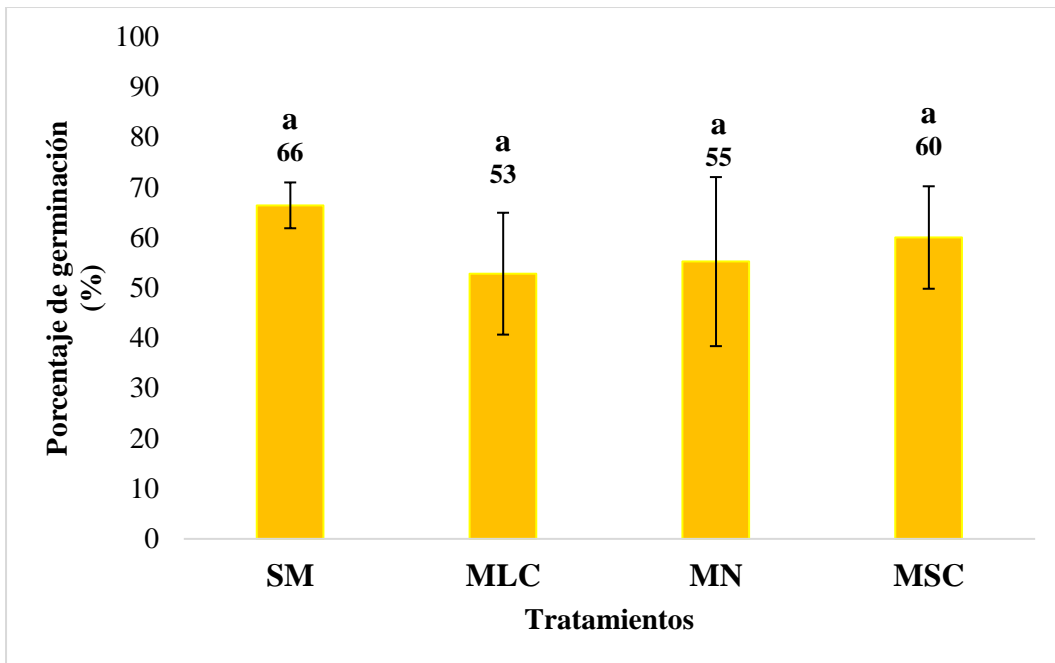
**Figura 10.** *Días a la germinación a partir de la fecha de siembra de Phaseolus vulgaris L. en la Quinta Experimental La Argelia; SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial, las letras diferentes muestran diferencia estadística.*

**Fuente:** Autor

Se realizó el análisis de varianza ANOVA con un porcentaje de confiabilidad del 95 %, el cual demostró que no existe diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo 6).

#### Porcentaje de germinación

Con los datos recolectados en campo se determinó el porcentaje de germinación de los cuatro tratamientos (Figura 11), el tratamiento sin micorrizas (SM) mostro el mejor resultado con 66 %, quiere decir que de cada 100 semilla 66 semillas germinaron y las 34 semillas restantes no pudieron germinar.

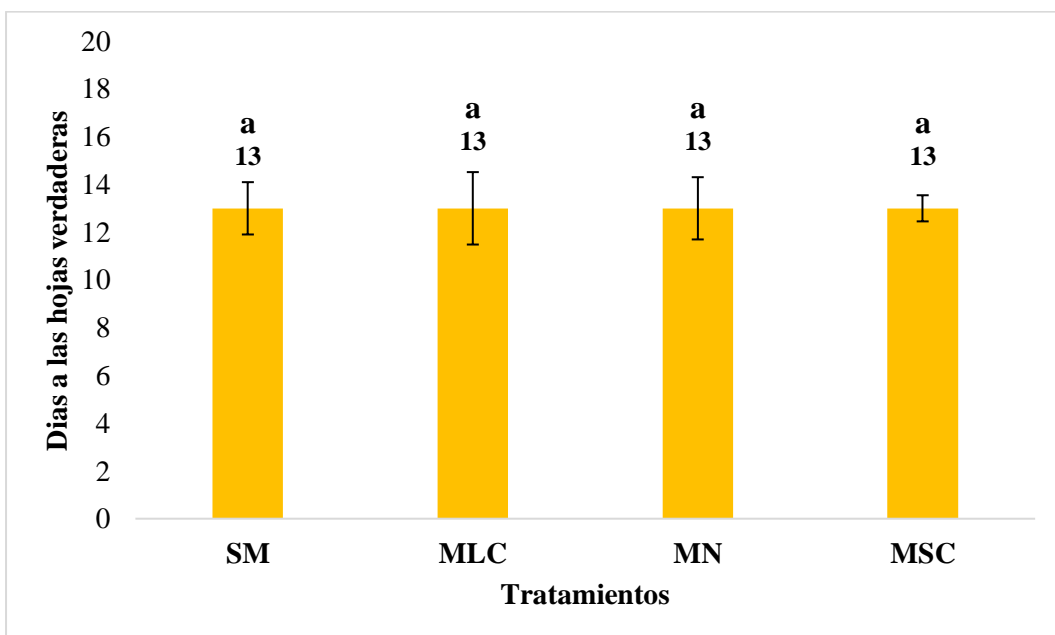


**Figura 11.** Porcentaje de germinación de los cuatro tratamientos de *Phaseolus vulgaris* L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial, las letras diferentes muestran diferencia estadística).

**Fuente:** Autor

### 6.1.2 N° de días a las hojas verdaderas.

Con base a los datos recolectados en campo (Figura 12), se observa que en los cuatro tiramientos se mantiene el mismo promedio de 13 días a la presencia de hojas verdaderas.



**Figura 12.** Días a las hojas verdaderas a partir de la fecha de siembra de *Phaseolus vulgaris* L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza

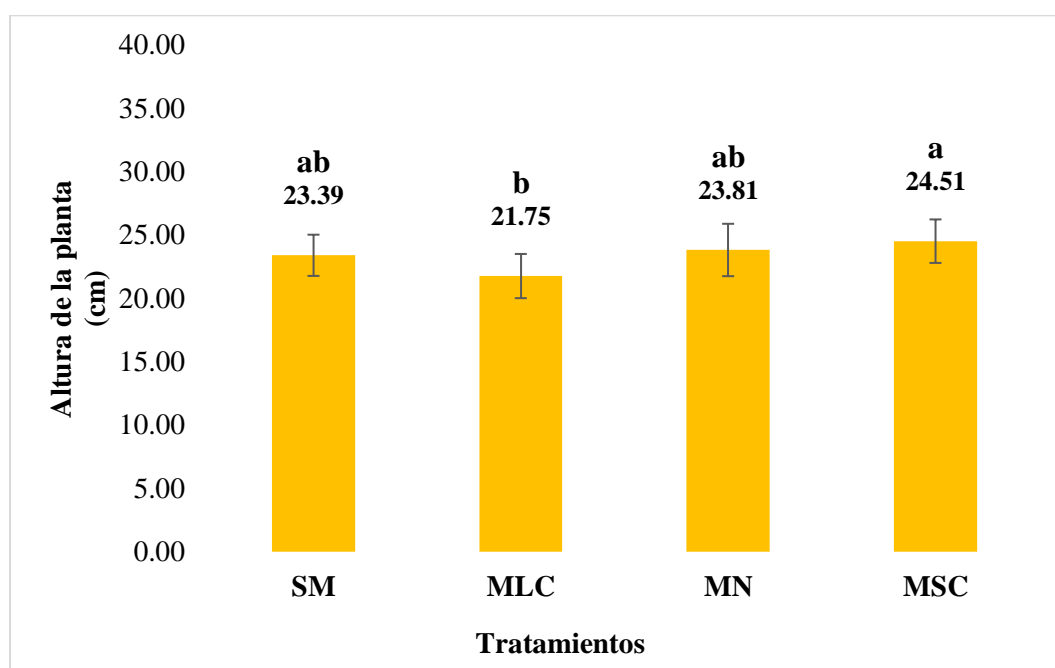
liquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística.

**Fuente:** Autor

Se realizó el análisis de varianza ANOVA con un porcentaje de confiabilidad del 95 %, el cual demostró que no existe diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo 7).

### 6.1.3 Altura de la planta.

Con base a los datos recolectados en campo (Figura 13), se observa que el tratamiento de mayor altura es el de micorriza solida comercial (MSC) superando al tratamiento sin micorriza (SM) con 1.12 cm.



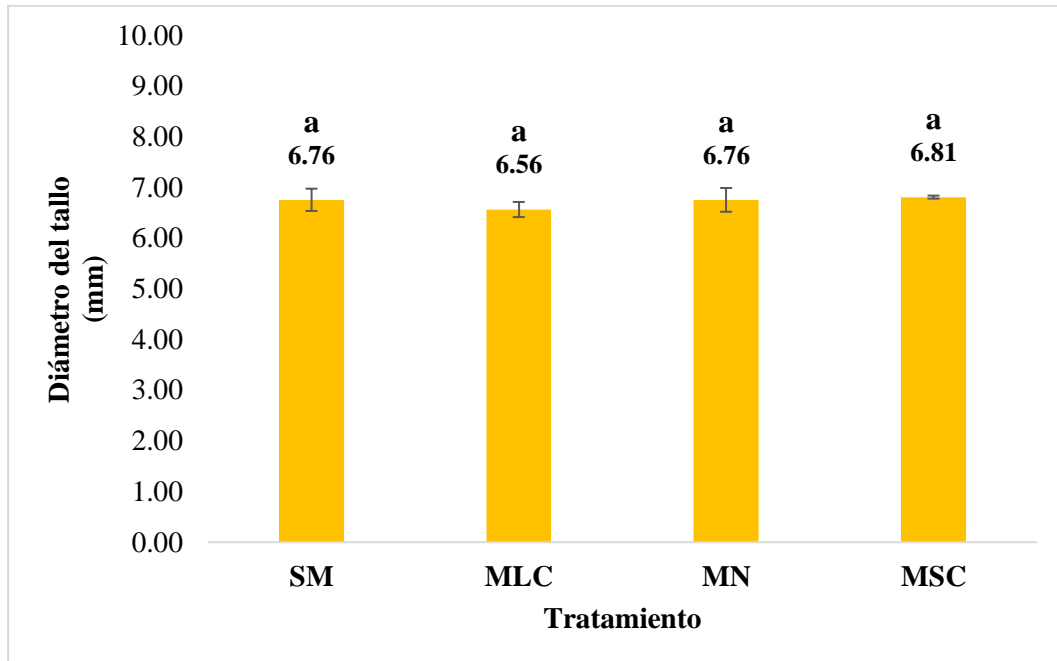
**Figura 13.** Altura de la planta (cm), 15 días después de haber germinado la semilla de *Phaseolus vulgaris* L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza liquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística.

**Fuente:** Autor

Se realizó el análisis de varianza ANOVA con un porcentaje de confiabilidad del 95 %, el cual demostró que, si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, el test de Tukey manifiesta que el tratamiento de MSC presenta una diferencia significativa con el tratamiento de MLC (Anexo 8).

#### 6.1.4 Diámetro del tallo.

Con base a los datos recolectados en campo (Figura 14), se observa que el tratamiento de mayor diámetro es el de micorriza solida comercial (MSC) superando al tratamiento sin micorriza (SM) con 0,05 mm.



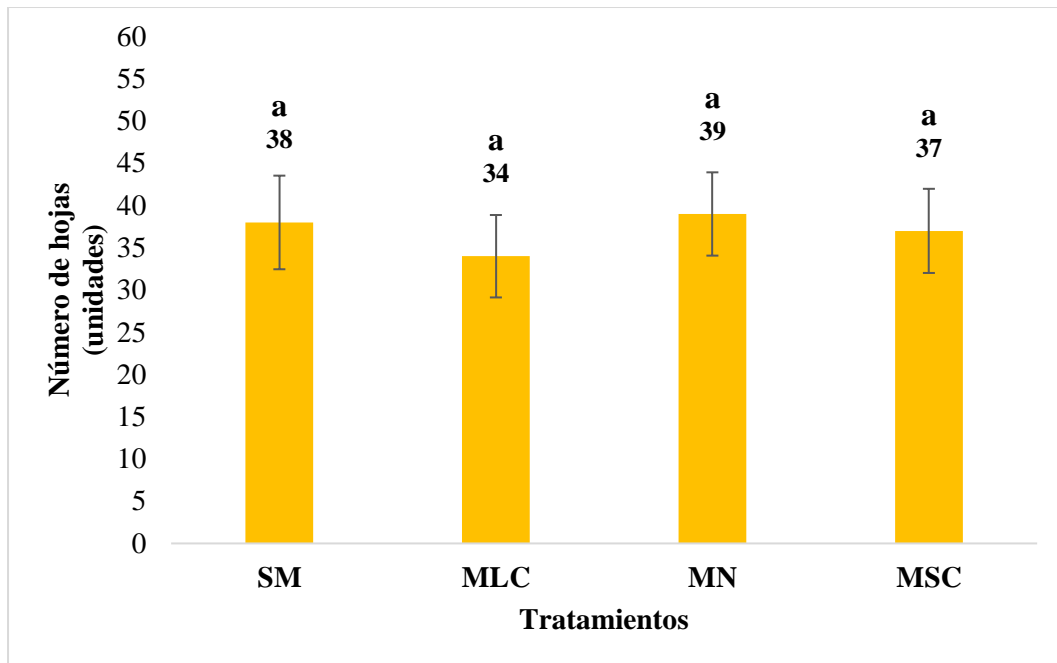
**Figura 14.** Diámetro del tallo (mm), 15 días después de haber germinado la semilla de *Phaseolus vulgaris* L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial). las letras diferentes muestran diferencia estadística.

**Fuente:** Autor

Se realizó el análisis de varianza ANOVA para cada una de las fases con un porcentaje de confiabilidad del 95 %, el cual demostró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (Anexo 9).

#### 6.1.5 N° de hojas (unidades).

Con base a los datos recolectados en campo (Figura 15), se observa que el tratamiento con el mayor número de hojas es el de micorrizas nativas (MN) superando al tratamiento sin micorriza (SM).



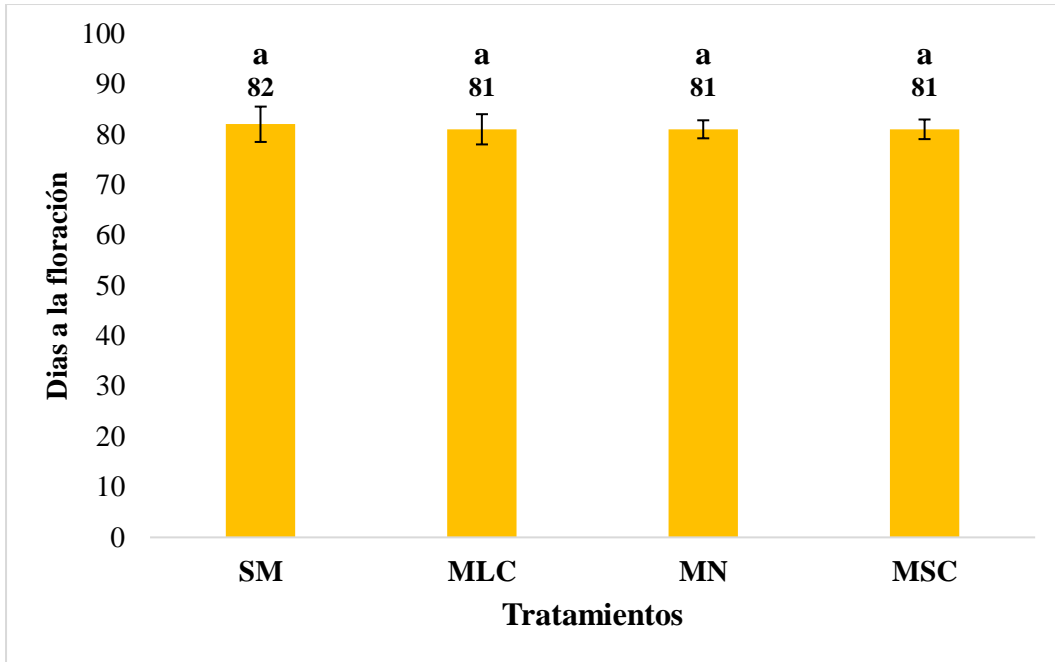
**Figura 15.** *Número de hojas (unidades), 15 días después de haber germinado la semilla de Phaseolus vulgaris L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial). las letras diferentes muestran diferencia estadística.*

**Fuente:** Autor

Se realizó el análisis de varianza ANOVA para cada una de las fases con un porcentaje de confiabilidad del 95 %, el cual demostró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (Anexo 10).

#### **6.1.6 N° de días a la floración.**

Con base a los datos recolectados en campo (Figura 16), se observa que los tratamientos micorrícicos alcanzaron la floración a los 81 días de haber realizado la siembra, superando al testigo con un día de diferencia.



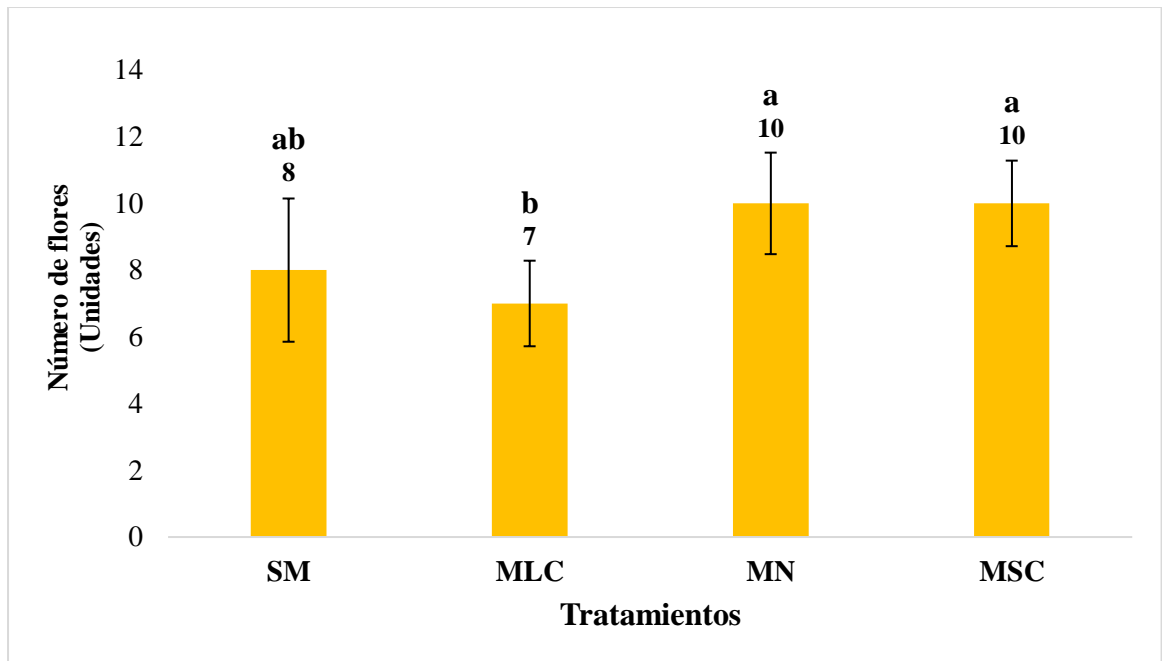
**Figura 16.** Número de días a la floración a partir de la fecha de siembra de *Phaseolus vulgaris* L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial). las letras diferentes muestran diferencia estadística.

**Fuente:** Autor

Se realizó el análisis de varianza ANOVA con un porcentaje de confiabilidad del 95 %, el cual demostró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (Anexo 11).

### 6.1.7 N° de flores.

Con base a los datos recolectados en campo (Figura 17), se observa que los tratamientos con el mayor número de flores son el de micorrizas nativa (MN) y micorriza solida comercial (MSC) superando al testigo (SM) con un promedio de 2 flores.



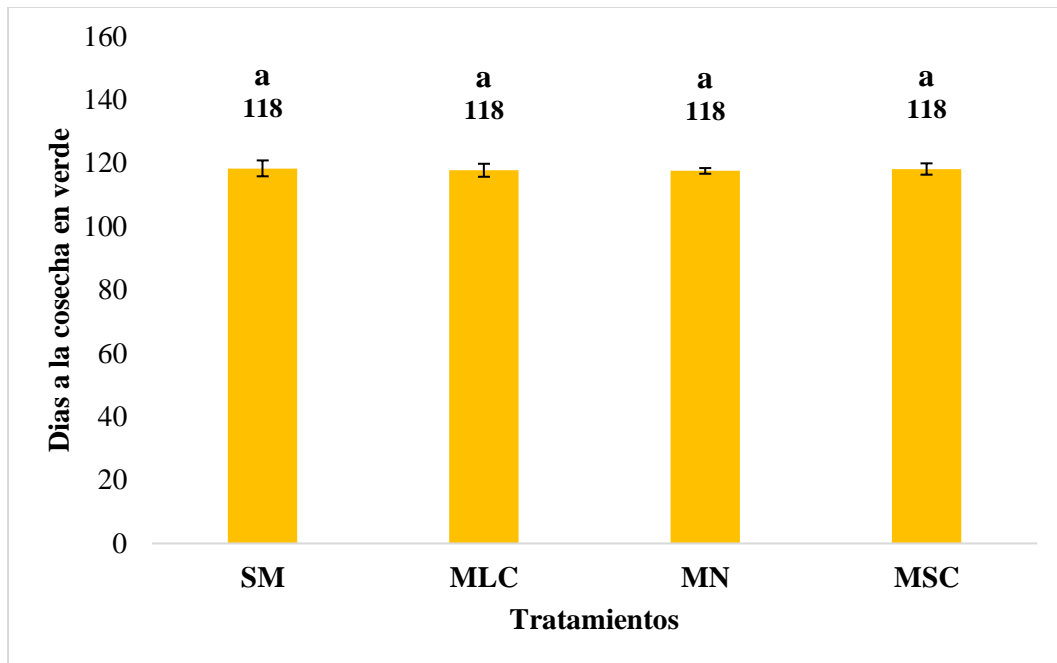
**Figura 17.** *Número de flores por planta en la fase reproductiva del cultivo de Phaseolus vulgaris L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial. las letras diferentes muestran diferencia estadística.*

**Fuente:** Autor

Se realizó el análisis de varianza ANOVA con un porcentaje de confiabilidad del 95 %, el cual demostró que, si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, el test de Tukey manifiesta que los tratamientos de MSC y MN presentan una diferencia significativa con el tratamiento de MLC (Anexo 12).

#### **6.1.8 N° de días a la cosecha en verde.**

Con base a los datos recolectados en campo (Figura 18), se observa que los cuatro tratamientos alcanzaron en promedio de 118 días a la cosecha después de la siembra.



**Figura 18.** Número de días a la cosecha en verde, después de la siembra del cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial). las letras diferentes muestran diferencia estadística.

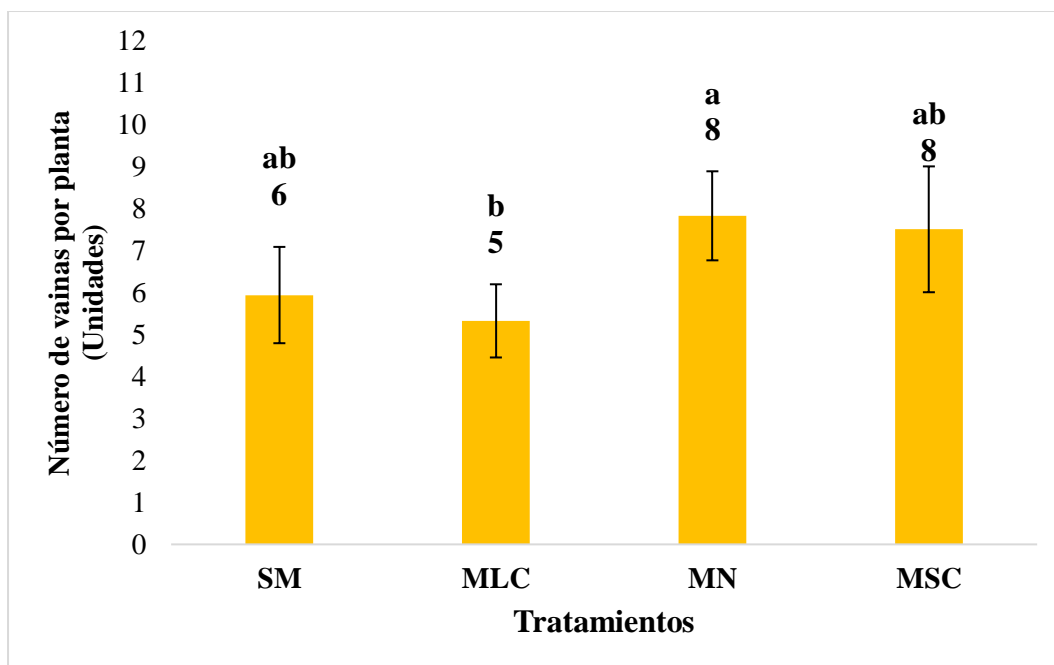
**Fuente:** Autor

Se realizó el análisis de varianza ANOVA con un porcentaje de confiabilidad del 95 %, el cual demostró que no existe diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo 13).

### 6.1.9 N° de vainas por planta

Con base a los datos recolectados en campo (Figura 19), se observa que los tratamientos con el mayor número de vainas por planta son el de micorrizas nativa (MN) y micorriza sólida comercial (MSC) superando al testigo (SM) con un promedio de 2 vainas por planta.





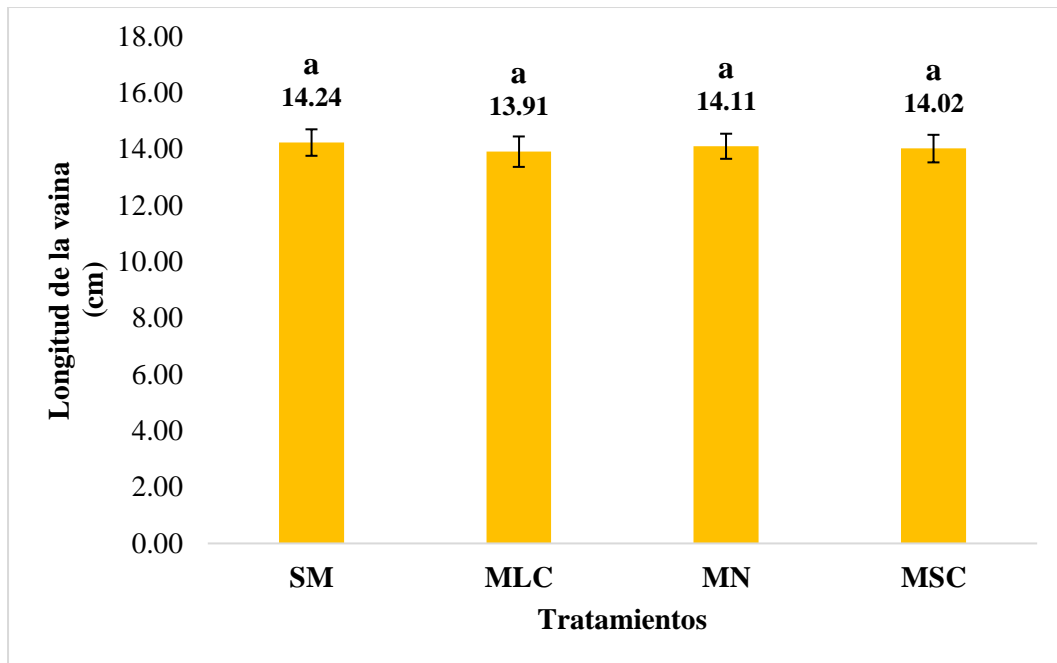
**Figura 19.** *Número de vainas por planta en la fase reproductiva del cultivo de Phaseolus vulgaris L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial). las letras diferentes muestran diferencia estadística.*

**Fuente:** Autor

Se realizó el análisis de varianza ANOVA con un porcentaje de confiabilidad del 95 %, el cual demostró que, si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, el test de Tukey manifiesta que el tratamiento de MN presenta una diferencia significativa con el tratamiento de MLC (Anexo 14).

#### **6.1.10 Longitud de la vaina**

Con base a los datos recolectados en campo (Figura 20), se observa que en los cuatro tratamientos la longitud no presenta una gran variación, sin embargo, la mayor longitud es del tratamiento sin micorriza (SM) con 14,24 cm, superando a los tratamientos micorrícicos.



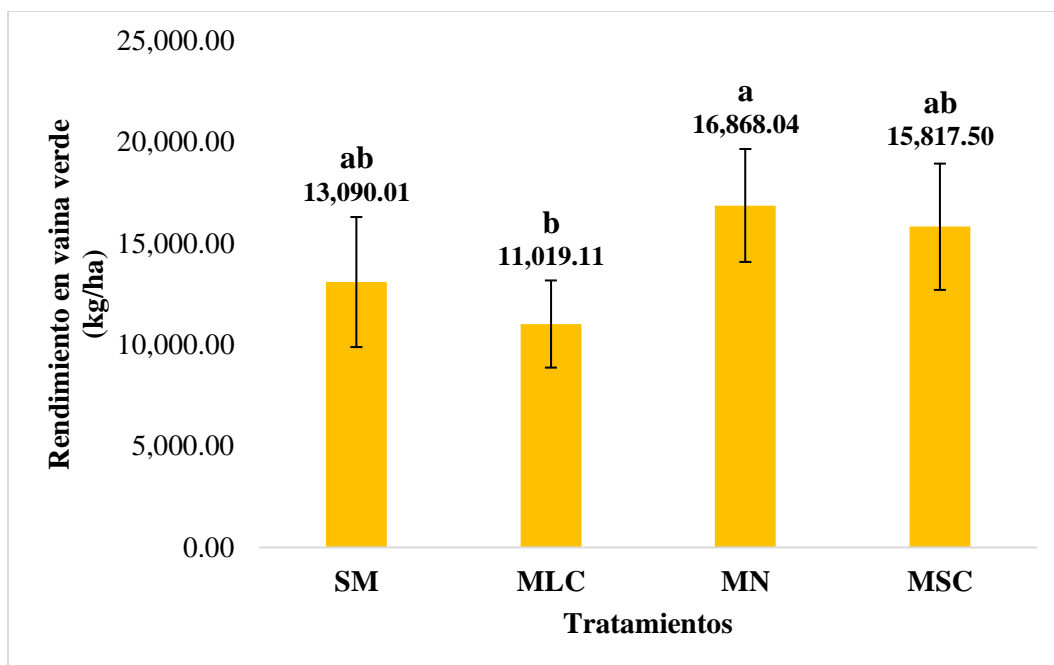
**Figura 20.** Longitud de vainas por planta en la fase reproductiva del cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial). las letras diferentes muestran diferencia estadística.

**Fuente:** Autor

Se realizó el análisis de varianza ANOVA con un porcentaje de confiabilidad del 95 %, el cual demostró que no existe diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo 15).

#### **6.1.11 Rendimiento en vaina verde (kg/ha)**

Con base a los datos recolectados en campo (Figura 21), se observa que el tratamiento de mayor rendimiento es el de micorrizas nativa (MN) superando al testigo (SM) con 3 778,03 kg/ha.



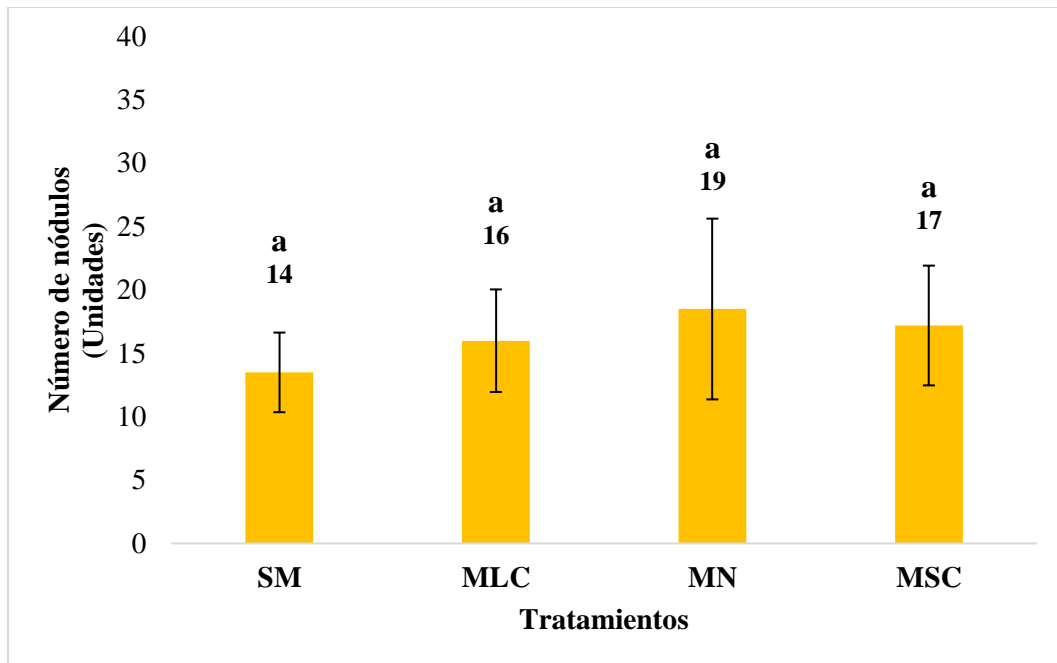
**Figura 21.** Rendimiento (kg/ha) de fréjol de vaina en verde de *Phaseolus vulgaris* L. en la Quinta Experimental La Argelia, 3 granos por golpe, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial). las letras diferentes muestran diferencia estadística.

**Fuente:** Autor

Se realizó el análisis de varianza ANOVA con un porcentaje de confiabilidad del 95 %, el cual demostró que, si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, el test de Tukey manifiesta que el tratamiento de MN presenta una diferencia significativa con el tratamiento de MLC (Anexo 16).

#### 6.1.12 Número de nódulos

Con base a los datos recolectados en campo (Figura 22), se observa que el tratamiento con mayor presencia de nódulos en sus raíces es el de micorrizas nativas (MN) superando al tratamiento testigo (SM) con 5 nódulos por planta.



**Figura 22.** *Número de nódulos presentes en las raíces de fréjol, 90 días de haber germinado la semilla de Phaseolus vulgaris L. en la Quinta Experimental La Argelia, 3 granos por golpe, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial). las letras diferentes muestran diferencia estadística.*

**Fuente:** Autor

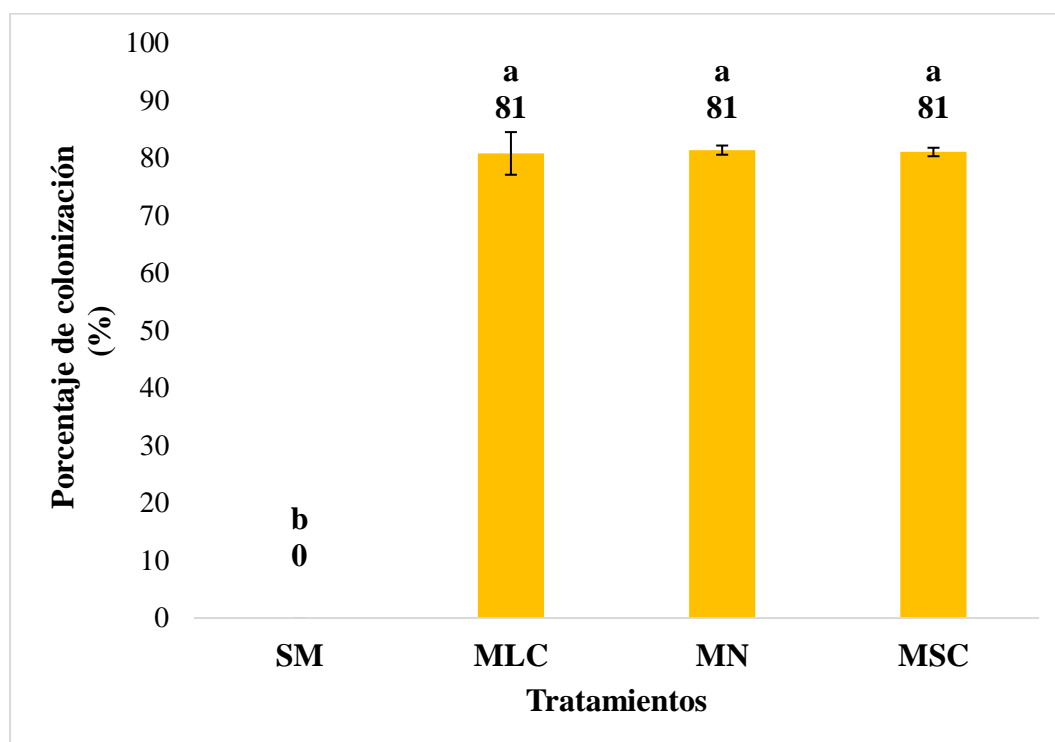
Se realizó el análisis de varianza ANOVA con un porcentaje de confiabilidad del 95 %, el cual demostró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (Anexo 17).

## 6.2 Resultados de segundo objetivo

*Evaluar el grado de colonización de las raíces de fréjol para comparar el rendimiento del cultivo y los biofertilizantes micorrízicos.*

### 6.2.1 Porcentaje de colonización de micorrizas arbusculares en el cultivo de fréjol

Con base a los datos recolectados en laboratorio mediante la observación en microscopio (Figura 23), se observa que los tres tratamientos superan el 50 % de colonización en las raíces en comparación al testigo (SM), lo que corresponde a una calificación 4 en la escala de porcentaje de micorrización (Figura 9).



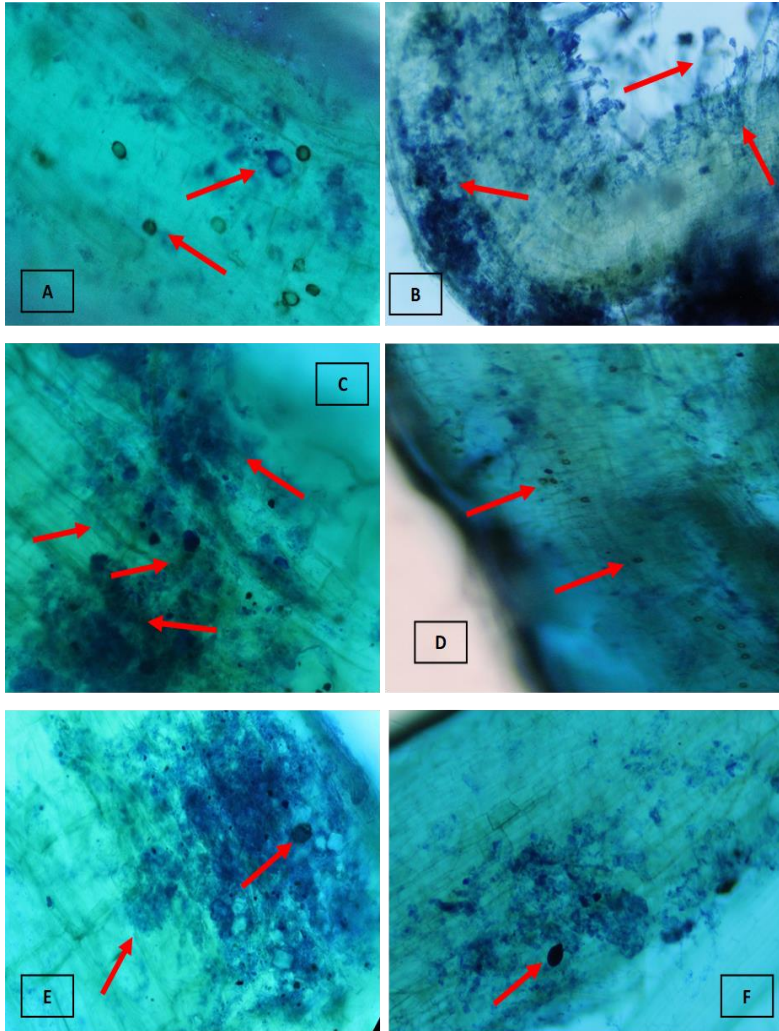
**Figura 23.** *Porcentaje de colonización de hongos micorrízicos en raíces de fréjol, mediante el uso de biofertilizantes y el inóculo nativo, en el de Phaseolus vulgaris L. en la Quinta Experimental La Argelia, SM (sin micorriza), MLC (micorriza líquida comercial), MN (micorrizas nativas), MSC (micorriza sólida comercial). las letras diferentes muestran diferencia estadística.*

**Fuente:** Autor

Se realizó el análisis de varianza ANOVA con un porcentaje de confiabilidad del 95 %, el cual demostró que si existe una diferencia significativa entre los tratamientos micorrízicos con respecto al testigo (SM) (Anexo 18).

### 6.2.2 Observación de colonización de hongos micorrízicos arbusculares en raíces de fréjol

En los tres tratamientos se observa estructuras micorrízicas tales como: arbuscúlos, hifas, esporas y vesículas (Figura 24, Anexo 22), resultado de la simbiosis entre los hongos micorrízicos y la raíz.



**Figura 24.** Colonización de HMA bajo el microscopio en raíces de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Quinta Experimental La Argelia.

**Fuente:** Autor

En la figura 24 se observan las estructuras fúngicas encontradas en las raíces del cultivo de fréjol, colonización de los HMA B y C; presencia de arbuscúlos de HMA B, C y E; vesículas de HMA A, C, D, E y F; colonización de hifas inter y extra celulares B, C. mostrando que la simbiosis fue exitosa lo cual beneficia al desarrollo del cultivo e incrementa los rendimientos, dando una alternativa viable para pequeños y grandes productores.

## 7 Discusión

En el presente trabajo se pretende demostrar que mediante el uso de biofertilizantes de hongos micorrízicos se puede mejorar el desarrollo fenológico en incrementar el rendimiento del cultivo de fréjol en condiciones de campo como una alternativa de manejo agronómico y de técnicas amigables con ambiente.

Los días de germinación fueron más largos de lo normal (10 - 11 días), ya que la semilla suele germinar a los 7 días. Sin embargo, en la investigación realizada por Curay (2019) en la cual pone a prueba tres variedades de fréjol habito de crecimiento tipo I, los días a la germinación concuerdan con la investigación realizada. Salcedo (2008) menciona que temperaturas bajas retardan el crecimiento de la planta, las temperaturas altas lo aceleran.

En general, las plantas son muy sensibles a las heladas y necesitan una temperatura media mínima del suelo de 18 °C para germinar bien. En el momento de la siembra, las condiciones meteorológicas no eran ideales, ya que la temperatura media era de 15 °C, y en los siguientes días hubo precipitaciones perjudicando aún más las condiciones para la germinación.

El porcentaje de germinación de los cuatro tratamientos obtuvieron valores bajos de 50 a 67 %, lo que no coincide con García (2009) ya que menciona que una semilla de calidad debe tener mínimo un 80 % de germinación. Sin embargo, los porcentajes de germinación concuerdan con la investigación realizada por Matute (2013). El retraso en la germinación es debido a diferentes factores entre los cuales se encuentra la temperatura, la calidad de la semilla, la hidratación y la deshidratación de la misma, un exceso de agua dificulta la llegada de oxígeno al embrión, generándose una capa de mucílago que dificulta la entrada de oxígeno. En el déficit hídrico prolongado puede provocar la transformación de las semillas en "semillas duras", la imbibición se produce lentamente, este fenómeno es frecuente en leguminosas provocando una germinación más lenta y heterogénea (Pita & García, 1998).

Los resultados del tratamiento de micorriza líquida comercial (MLC) en cuanto a la altura de planta, diámetro de tallo y el número de hojas, resultaron bajos en comparación al testigo (SM), se esperaba que mediante la aplicación de productos micorrízicos las plantas puedan superar en el desarrollo fenológico del cultivo, en este caso fue al contrario, la investigación realizada por Curay (2019) se puede observar que la altura de la planta y el diámetro poseen promedios similares al proyecto de investigación y sin la aplicación de un producto micorrízico, lo que quiere decir que el producto no tuvo influencias en el desarrollo fenológico del cultivo.

La etapa de floración mantuvo días aproximados entre los cuatro tratamientos sin embargo estos resultados no concuerdan con la publicación que manifiesta Peralta (2014). Además, la investigación realizada por Matute (2013) en distintas variedades de fréjol demuestran que la floración se presentó a los 55 días después de la siembra, lo que genera una contradicción con la investigación realizada debido que la floración se presentó a los 81 días después de la siembra. En cuanto al número de flores por planta los resultados concuerdan con la investigación realizada por Lara (2019) en la cual se aplica HMA en variedades de fréjol, obteniendo un valor promedio de 10 flores por planta.

El día a la cosecha se registró una vez que las vainas alcanzaron la madurez fisiológica, el cual se obtuvo un valor promedio de 118 días a partir del día de siembra, este resultado no concuerda con la investigación realizada por Matute (2013) en la cual menciona los días a la cosecha fueron a los 96 días después de la siembra, además en esta misma investigación los resultados del número de vainas por planta (16 vainas) superan a los resultados de la investigación realizada (8 vainas), sin embargo la longitud de la vaina concuerda en ambas investigaciones teniendo un promedio de 14 cm de longitud.

Los resultados demuestran que el rendimiento de kg/ha del cultivo en verde son superiores a la investigación realizada por Torres & Aguirre (2020) (9 010,14 kg/ha ) en dicha investigación en no se aplican ningún producto micorrízico al cultivo, esto demuestra que el uso de biofertilizantes favorece el rendimiento en los cultivos.

En cuanto a la presencia de nódulos en las raíces obtuvieron valores de 14 - 19 nódulos por planta, estos valores superan a la investigación realizada por Lara (2019) en la cual se obtiene un promedio de 9 nódulos, sin embargo, en esta misma investigación utilizan HMA+ Re (*Rhizobium etli*) el cual alcanzó un promedio de 27 nódulos por planta superando el promedio de la investigación realizada.

La colonización de hongos micorrízicos arbusculares en las raíces de fréjol superan el 50 % en cada uno de los tres tratamientos aplicados, mejorando la fenología del cultivo y su rendimiento, lo que concuerda con la investigación realizada por Lara (2019) en la cual demuestra la efectividad de la inoculación con HMA. Además en la investigación realizada por Caldera (2013) menciona existe una respuesta significativa a la inoculación con cultivos de HMA, por lo que abre la posibilidad de incrementar el rendimiento del cultivo de fréjol, lo que se corrobora con la investigación realizada.



## 8 Conclusiones

Con la aplicación de productos micorrízicos se obtuvo un incremento en el desarrollo fenológico del cultivo, en referencia al tratamiento sin micorrizas o testigo, los rendimientos se incrementaron un 29 % aplicando micorrizas nativas (MN) y un 21 % aplicando micorriza sólida comercial (MSC) en relación al testigo.

En las variables agronómicas evaluadas, hubo un incremento en los tratamientos con micorrizas nativas y comerciales, demostrando que el uso de biofertilizantes micorrízicos mejora la fenología del cultivo de frijol, convirtiéndolo en una alternativa aplicable para pequeños y grandes productores, no sólo en este cultivo de interés agrícola, sino también en otros cultivos de ciclo corto y de comercialización.

Los resultados de la investigación demuestran que la simbiosis entre hongo y raíz en la planta de fréjol, es posible, mediante la utilización de productos micorrízicos comerciales, nativos o el aislamiento de hongos nativos provenientes de sistemas agroforestales, donde se encuentran diversas comunidades de hongos micorrízicos, cuya colonización supera el 50 % en las raíces de fréjol.

Un alto grado de colonización (>50 %) conlleva un aumento en el área de exploración de raíces incrementando la absorción de agua y nutrientes incrementando los rendimientos del cultivo, como se puede observar en los resultados de la investigación realizada.

## 9 Recomendaciones

Con la información recolectada durante el proceso de producción a campo abierto del cultivo de fréjol, se podría recomendar lo siguiente:

Cultivar en invernaderos debido a las condiciones climáticas cambiantes que se presentan en la extensión Experimental Argelia como fuertes vientos y exceso de precipitación, altas precipitaciones provocan la presencia de hongos y lixiviación de nutrientes, vientos fuertes provocan desprendimiento de ramas, hojas y perjudica el anclaje de la raíz en el suelo.

Fomentar la utilización de estos biofertilizantes micorrízicos y de otros productos que se encuentran a disposición, promoviendo una agricultura consciente con el ambiente contribuyendo a mejorar la microbiología del suelo, además garantizar una producción más orgánica para los consumidores al disminuir el uso de productos químicos.

Para el control de plagas y enfermedades utilizar controles biológicos como, bacterianos (*Bacillus spp.*), los cuales no son tóxicos para el productor ni afectan a la vida microbiana del suelo, en cuanto a su aplicación es aconsejable realizarla en los primeros días de haber germinado la semilla o en la aparición de la primera hoja trifoliada, aunque no presente daños o síntomas de plagas, puesto que ataques tempranos retrasa el desarrollo de la planta y prolongan el periodo de cultivo.

Utilizar estos productos de hongos micorrízicos en otros cultivos de alta producción y consumo como es el tomate riñón, maíz, hortalizas y cultivos de ciclo corto y demostrar la eficiencia de estos productos, aplicar estos productos con otras variedades de fréjol teniendo un control más meticuloso en cuanto al manejo y control de plagas y enfermedades para disminuir costos de producción.

La inoculación de cada producto micorrízico utilizado en esta investigación realizarla en condiciones más controladas, por ejemplo, en semillero y viveros así garantizar una simbiosis más eficaz con la raíz y posteriormente realizar el trasplante al campo para continuar con la producción, un ejemplo sería en el cultivo de tomate riñón.

## 10 Bibliografía

- Andrade Torres, A. (2010, diciembre). Micorrizas antigua interacción entre plantas y hongos. *Ciencia*, 61(4), 84-90.
- Arias, L. H., Uribe, M. H., & Hernández, J. D. (1990). *Cultivo de Habichuela* (1.<sup>a</sup> ed.). Delfín. Ltda.  
[https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5657/cultivo\\_habichuela.PDF;jsessionid=FB4F814226DA5C20EA580251AD023248?sequence=1](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5657/cultivo_habichuela.PDF;jsessionid=FB4F814226DA5C20EA580251AD023248?sequence=1)
- Arias Restrepo, J. H., Rengifo Martínez, T., & Jaramillo Carmona, M. (2007). *Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Fríjol Voluble* (1.<sup>a</sup> ed., Vol. 1). CORPOICA. [http://arsftfbean.uprm.edu/bic/wp-content/uploads/2018/04/Climbing\\_Bean\\_Production\\_Manual-Spanish.pdf](http://arsftfbean.uprm.edu/bic/wp-content/uploads/2018/04/Climbing_Bean_Production_Manual-Spanish.pdf)
- Armenta Bojórquez, A. D., García Gutiérrez, C., Camacho Báez, J. R., Apodaca Sánchez, M. Á., Gerardo Montoya, L., & Nava Pérez, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, 51-56. <https://doi.org/10.35197/rx.06.01.2010.07.aa>
- Ayala Garay, A. V., Acosta Gallegos, J. A., & Reyes Muro, L. (2021). *El Cultivo del Frijol Presente y Futuro para México* (1.<sup>a</sup> ed., Vol. 1).
- Beebe, S., Ramírez Villegas, J., Álvarez, P., Ricaurte, J., Andrea Mora, Guerrero, A. F., Rosas, J. C., Baide, J. M. R., & Berg, M. van den. (2017). *Modelación del frijol en Latinoamérica* (Publications Office of the European Union, Luxembourg).
- Bertsch, F. (1987). *Manual Para Interpretar la Fertilidad de Los Suelos de Costa Rica* (2.<sup>a</sup> ed.). Editorial Universidad de Costa Rica.
- Blandón, M., & García, M. (2017). *Micorrizas y rhizobium: Opciones agroecológicas para la nutrición del frijol (Phaseolus vulgaris L.)*, Managua-Ticuantepé 2016. Universidad Nacional Agraria Facultad De Agronomía.

- Caldera, E., Acosta, K., Garcés, G., Petit, B., Gutiérrez, W., & Pérez, C. (2013). Respuesta del cultivo frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp) variedad catatumbo a la inoculación con micorrizas nativas y comerciales bajo condiciones controladas. *REDIELUZ*, 3(1 y 2), 157-164.
- CEDRSSA. (2020). Mercado de Frijol, situación y prospectiva. CEDRSSA.  
<http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/53Mercado%20del%20frijol.pdf>
- Coral, D. (Director). (2020, julio 9). «Uso eficiente de nutrientes en el cultivo del frijol».  
<https://www.youtube.com/watch?v=N0LqjG6fp68>
- Cuellar, A. P. (2018). Presencia de hongos micorrízico arbusculares en tres diferentes zonas de bosque altoandino [Tesis]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Curay Palate, J. D. (2019). Evaluación agronómica de tres variedades de Fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo las condiciones climáticas de la comunidad de Rumichaca del cantón Pelileo [BachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato].  
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/30037>
- Fernández, F., Gepts, P., & López, M. (1986). Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Flores Lazaro, A. (Director). (2022, junio 9). Tecnología de Manejo Integrado en el Cultivo de Frijol. <https://www.youtube.com/watch?v=Pvt6m7U4KtA>
- Garcés, F., Aguirre Calderón, Á., Garcés Estrella, R., Díaz Ocampo, E., Sánchez Mora, F., & Prieto Benavides, O. (2013). Enfermedades y componentes de rendimiento en dieciséis genotipos de fréjol en Quevedo, Ecuador. *Ciencia y Tecnología.*, 2(6), 31-39.
- García, E. (2009). Guía técnica para el cultivo del frijol. ASOPROL, 1-28.

- Gaucín, D. (2019, marzo 28). El mercado mundial y nacional del frijol. *El Economista*.  
<https://www.economista.com.mx/opinion/El-mercado-mundial-y-nacional-del-frijol-20190328-0088.html>
- Gómez, L. I. A., Portugal, V. O., Arriaga, M. R., & Alonso, R. C. (2007). Micorrizas arbusculares. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 14(3), 300-306.
- Guachanamá, J. A. (2020). Aislamiento e identificación morfológica de hongos micorrízicos arbusculares (hma) asociados al café en sistemas agroforestales en el Sur del Ecuador [BachelorThesis, Universidad Nacional De Loja].  
<https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/23606>
- Guadarrama, P., Sánchez, I., Álvarez, J., & Ramos, J. (2004). Hongos y Planta benéficos a diferentes escalas en micorrizas arbusculares. *Ciencias* 73, 39-45.
- INAMHI. (s. f.). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI. Recuperado 5 de mayo de 2023, de <https://www.inamhi.gob.ec/#>
- INEC. (2018). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.  
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-2018/>
- Lara, 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. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(5), 1035-1046. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.936>
- Leal, C. (2016). Evaluación del potencial de germinación y vigor de semillas de cultivares de frejol. [Tesis]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Loredo Portales, R. (2020). Micorrizas: Los Aliados De Las Plantas Terrestres. *Nuestra Tierra*, 33, 7-10.

- Lugo, M. A., Iriarte, H. J., Crespo, E. M., Torres, M. L., Ontivero, E., Risio, L. V., Menoyo, E., & Ballesteros, S. I. (2018). Manual de metodológicas para el trabajo con hongos y sus simbiosis (1.<sup>a</sup> ed.). Universitaria.  
[https://www.researchgate.net/publication/329809810\\_MANUAL\\_DE\\_METODOLOGIAS\\_PARA\\_EL\\_TRABAJO\\_CON\\_HONGOS\\_Y\\_SUS\\_SIMBIOSIS](https://www.researchgate.net/publication/329809810_MANUAL_DE_METODOLOGIAS_PARA_EL_TRABAJO_CON_HONGOS_Y_SUS_SIMBIOSIS)
- Matute, C. (2013). Evaluación agronómica de quince cultivares de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.), en la Estación Experimental del Austro «Bullcay»; mediante el apoyo de la investigación participativa con enfoque de género para la sierra sur del Ecuador [Tesis]. Universidad Politécnica Salesiana.
- Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para Muestreo de Suelos [Tesis]. Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Services (CRS).
- Morales, E. R. B. (2015). Manejo de cultivos andinos del Ecuador (1.<sup>a</sup> ed.). Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.  
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.pdf>
- Navarro, J. de D. (2015). Efectos beneficiosos de las micorrizas sobre las plantas. yumpu.com. <https://www.yumpu.com/es/document/view/35735600/efectos-beneficiosos-de-las-micorrizas-bioscripts/7>
- Nivicela, T. G. (2021). Envejecimiento Acelerado: Efectos Sobre La Viabilidad De Semillas En Cinco Variedades De Frejol [Ingeniería Agronómica]. Universidad Técnica de Machala.
- Ortiz, M. C. (2018). El uso de micorrizas en una finca agroecológica: Incremento de producción, mecanismos de defensa y capital económico y minimizar estrés. Universidad Metropolitana, 6, 61.

- Pastor, M. A., & Schwartz, H. F. (1994). Problemas de producción del Frijol en los Trópicos (2.<sup>a</sup> ed.). Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Peralta I., E., Murillo I., A., Mazón, N., & Rodríguez Ortega, D. G. (2014). Catálogo de variedades mejoradas de frejol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) para los valles y estribaciones de la Sierra Ecuatoriana: Incluye huella digital y razas. Miscelánea No. 146, 3, 68.
- Pita, J. M., & García, F. P. (1998). Germinación de Semillas. Secretaria General de Estructuras, 20.
- Pucuji, W. J. (2016). Evaluación del manejo agronómico y reacción a enfermedades de variedades mezcla de fréjol (*Phaseolus Vulgaris* L.) Allphas y chacras de Cotacachi [Tesis]. Universidad Central Del Ecuador.
- Ruiz Corral, J., García, G., ACUÑA, I., Flores, H., & Ojeda, G. (2013). Requerimientos agroecológicos de cultivos (2.<sup>a</sup> ed.).
- Salcedo, J. M. (2008). Guías para la regeneración de germoplasma: Frijol común. Crop specific regeneration guidelines.
- Salgado, M. L. (2007). Micorrizas del suelo.  
[http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/70635/secme-10871\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/70635/secme-10871_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Tamayo, Y., Juárez López, P., Capdevila Bueno, W., Lescaille Acosta, J., & Terry Alfonso, E. (2020). Bioproductos en el crecimiento y rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364. Revista Terra Latinoamericana, 38(3), 667-678.  
<https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.672>
- Teplantlán, C. S., Ayala Garay, A. V., & Almaguer Vargas, G. (2015). Los usos y beneficios de las micorrizas en la agricultura (1.<sup>a</sup> ed.). Plaza y Valdés.

- Torres León, J. A., & Aguirre Vélez, C. D. (2020). “Evaluación de la adaptación y rendimiento de 7 variedades mejoradas y 3 variedades nativas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L) en el valle de Yunguilla.” [Tesis]. Universidad de Cuenca.
- Trouvelot, A., Kough, J. L., & Gianinazzi-Pearson, V. (1986). Estimation of VA mycorrhizal infection levels. Research for methods having a functional significance. Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae. Aspects physiologiques et genetiques des mycorrhizes, Dijon (France), 1-5 Jul 1985.
- [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Estimation+of+VA+mycorrhizal+infection+levels.+Research+for+methods+having+a+functional+significance&author=Trouvelot%2CA.+%28Institut+National+de+la+Recherche+Agronomique%2CDijon+%28France%29.+Station+d%27Amelioration+des+Plantes%2CLaboratoire+de+Phytoparasitologie%29&publication\\_year=1986](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Estimation+of+VA+mycorrhizal+infection+levels.+Research+for+methods+having+a+functional+significance&author=Trouvelot%2CA.+%28Institut+National+de+la+Recherche+Agronomique%2CDijon+%28France%29.+Station+d%27Amelioration+des+Plantes%2CLaboratoire+de+Phytoparasitologie%29&publication_year=1986)
- Urgiles, N., Loján, P., Aguirre, N., Blaschke, H., Günter, S., Stimm, B., & Kottke, I. (2009). Application of mycorrhizal roots improves growth of tropical tree seedlings in the nursery: A step towards reforestation with native species in the Andes of Ecuador. *New Forests*, 38, 229-239. <https://doi.org/10.1007/s11056-009-9143-x>
- Urgiles, N., Strauß, A., Lojan, P., & Schüßler, A. (2014). Cultured arbuscular mycorrhizal fungi and native soil inocula improve seedling development of two pioneer trees in the Andean region. *New Forests*, 45, 17. <https://doi.org/10.1007/s11056-014-9442-8>
- Valladolid, A. V. (2001). El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la costa del Perú. *INIA*, 4, 105.



## 11 Anexos

### Anexo 1. *Toma de muestra de suelo*



### Anexo 2. *Limpieza y preparación del terreno*



### Anexo 3. *Trazado y nivelación de parcelas*



### Anexo 4. *Siembra e inoculación de semillas*



**Anexo 5.** *Resiembra de fréjol*



**Anexo 6.** *Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para los días a la germinación y porcentaje de germinación*

**Análisis de la varianza días a la germinación**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> A <sub>j</sub>	CV
Días a la Germinación	20	0.17	0.00	13.05

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.65	7	0.66	0.36	0.9101
Tratamiento	2.95	3	0.98	0.53	0.6707
Repetición	1.7	4	0.43	0.23	0.917
Error	22.3	12	1.86		
Total	26.95	19			



**Test: Tukey Alpha= 0.05 DMS= 2.55969**

*Error: 1.8583 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T1	9.8	5	0.61 A
T3	10.6	5	0.61 A
T2	10.6	5	0.61 A
T4	10.8	5	0.61 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

### **Análisis de la varianza para el porcentaje de germinación**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% de Germinación	20	0.24	0.00	22.64

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	648.8	7	92.69	0.53	0.7986
Tratamiento	540	3	180	1.02	0.417
Repetición	108.8	4	27.2	0.15	0.9572
Error	2112	12	176		
Total	2760.8	19			

**Test: Tukey Alpha= 0.05 DMS= 24.91048**

*Error: 176.0000 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T1	66.4	5	5.93 A
T4	60	5	5.93 A
T3	55.2	5	5.93 A
T2	52.8	5	5.93 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Anexo 7.** *Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para los días a las hojas verdaderas*

### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Días a las Hojas Verdaderas	20	0.34	0.00	8.87

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.1	7	1.16	0.88	0.5465
Tratamiento	1.8	3	0.6	0.46	0.7162
Repetición	6.3	4	1.58	1.2	0.359
Error	15.7	12	1.31		
Total	23.8	19			

**Test: Tukey Alpha= 0.05 DMS= 2.14776**

*Error: 1.3083 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
-------------	--------	---	------

T2	13.4	5	0.51 A
T3	12.8	5	0.51 A
T1	12.8	5	0.51 A
T4	12.6	5	0.51 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 8.** Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para la altura de la planta

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura de planta (cm)	20	0.75	0.61	5.2

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	54.33	7	7.76	5.25	0.0062
Tratamiento	20.51	3	6.84	4.62	0.0227
Repetición	33.81	4	8.45	5.71	0.0082
Error	17.75	12	1.48		
Total	72.08	19			

**Test: Tukey Alpha= 0.05 DMS= 2.28374**

Error: 1.4793 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T4	24.51	5	0.54 A
T3	23.81	5	0.54 A B
T1	23.39	5	0.54 A B
T2	21.75	5	0.54 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 9.** Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para el diámetro del tallo

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diámetro del tallo (mm)	20	0.6	0.37	2.21

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.4	7	0.06	2.6	0.0699
Tratamiento	0.17	3	0.06	2.60	0.1005
Repetición	0.23	4	0.06	2.6	0.0892
Error	0.27	12	0.02		
Total	0.67	19			

**Test: Tukey Alpha= 0.05 DMS= 0.27939**

Error: 0.0221 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T4	6.81	5	0.07 A
T1	6.76	5	0.07 A
T3	6.75	5	0.07 A
T2	6.56	5	0.07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 10.** *Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para el número de hojas*

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Número de hojas	20	0.53	0.25	11.97

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	259.35	7	37.05	1.91	0.1544
Tratamiento	77.35	3	25.78	1.33	0.3101
Repetición	182	4	45.5	2.35	0.1131
Error	232.4	12	19.37		
Total	491.75	19			

**Test: Tukey Alpha= 0.05 DMS= 8.26329**

*Error: 19.3667 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T3	38.6	5	1.97 A
T1	38.2	5	1.97 A
T4	36.6	5	1.97 A
T2	33.6	5	1.97 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Anexo 11.** *Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para los días a la floración.*

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Días a la floración	20	0.44	0.11	2.85

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	49.7	7	7.1	1.32	0.3203
Tratamiento	1	3	0.33	0.06	0.9789
Repetición	48.7	4	12.18	2.27	0.1226
Error	64.5	12	5.38		
Total	114.2	19			

**Test: Tukey Alpha= 0.05 DMS= 4.35326**

*Error: 5.3750 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T1	81.6	5	1.04 A
T4	81.4	5	1.04 A
T3	81.2	5	1.04 A
T2	81	5	1.04 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Anexo 12.** *Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para el número de flores.*

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

Número de Flores	20	0.67	0.48	15.76
------------------	----	------	------	-------

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	48.2	7	6.89	3.50	0.0277
Tratamiento	31.4	3	10.47	5.32	0.0145
Repetición	16.8	4	4.2	2.14	0.1389
Error	23.6	12	1.97		
Total	71.8	19			

**Test: Tukey Alpha= 0.05 DMS= 2.63324**

Error: 1.9667 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T4	10.2	5	0.63 A
T3	10	5	0.63 A
T1	8.2	5	0.63 A B
T2	7.2	5	0.63 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 13.** Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para los días a la cosecha.

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Días a la Cosecha	20	0.39	0.04	1.48

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23.5	7	3.36	1.1	0.4195
Tratamiento	2	3	0.67	0.22	0.8812
Repetición	21.5	4	5.38	1.77	0.2003
Error	36.5	12	3.04		
Total	60	19			

**Test: Tukey Alpha= 0.05 DMS= 3.27478**

Error: 3.0417 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T1	118.4	5	0.78 A
T4	118.2	5	0.78 A
T2	117.8	5	0.78 A
T3	117.6	5	0.78 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 14.** Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para el número de vainas por planta

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Número de vainas	20	0.63	0.42	18.56

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	30.80	7.00	4.40	2.93	0.049
Tratamiento	22.00	3.00	7.33	4.89	0.0191
Repetición	8.80	4.00	2.20	1.47	0.2726
Error	18.00	12.00	1.50		
Total	48.80	19.00			

**Test: Tukey Alpha= 0.05 DMS= 2.29970**

*Error: 1.5000 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T3	7.8	5	0.55 A
T4	7.4	5	0.55 A B
T1	6	5	0.55 A B
T2	5.2	5	0.55 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Anexo 15.** *Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para la longitud de la vaina*

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Longitud de la vaina	20	0.21	0	3.69

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.84	7.00	0.12	0.44	0.8563
Tratamiento	0.28	3.00	0.09	0.34	0.795
Repetición	0.56	4.00	0.14	0.52	0.7233
Error	3.24	12.00	0.27		
Total	4.08	19.00			

**Test: Tukey Alpha= 0.05 DMS= 0.97547**

*Error: 0.2699 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T1	14.24	5	0.23 A
T3	14.11	5	0.23 A
T4	14.02	5	0.23 A
T2	13.91	5	0.23 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Anexo 16.** *Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para el rendimiento (kg/ha) de vaina en verde.*

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
kg/ha	20	0.64	0.43	18.69

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	150413344.46	7.00	21487620.64	3.05	0.0433
Tratamiento	105424429.40	3.00	35141476.47	4.99	0.0179
Repetición	44988915.06	4.00	11247228.76	1.6	0.2381

Error	84476396.09	12.00	7039699.67
Total	234889740.55	19.00	

**Test: Tukey Alpha= 0.05 DMS= 4981.98935**

*Error: 7039699.6744 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T3	16868.04	5	1186.57	A
T4	15817.5	5	1186.57	A B
T1	13090.01	5	1186.57	A B
T2	11019.11	5	1186.57	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Anexo 17.** *Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para el número de nódulos en las raíces de fréjol.*

#### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Número de nódulos	20	0.7	0.52	20.67

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	322.55	7.00	46.08	3.94	0.0184
Tratamiento	67.35	3.00	22.45	1.92	0.1804
Repetición	255.20	4.00	63.80	5.45	0.0097
Error	140.40	12.00	11.70		
Total	462.95	19.00			

**Test: Tukey Alpha= 0.05 DMS= 6.42272**

*Error: 11.7000 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T3	18.8	5	1.53 A
T4	17.4	5	1.53 A
T2	16.2	5	1.53 A
T1	13.8	5	1.53 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Anexo 18.** *Análisis de varianza ANOVA y test de Tukey para el porcentaje de colonización de hongos micorrízicos en las raíces de fréjol.*

#### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% de colonización	20	1	1	3.18

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24682.60	7.00	3526.09	940.69	<0.0001
Tratamiento	24667.79	3.00	8222.60	2193.63	<0.0001
Repetición	14.80	4.00	3.70	0.99	0.4509
Error	44.98	12.00	3.75		
Total	24727.58	19.00			



**Test: Tukey Alpha= 0.05 DMS= 3.63537**

*Error: 3.7484 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T3	81.4	5	0.87 A
T4	81.08	5	0.87 A
T2	80.83	5	0.87 A
T1	0	5	0.87 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

### **Anexo 19. Aplicación de fertilización edáfica**

#### **Primera aplicación**



#### **Segunda aplicación**



#### **Tercera aplicación**



### **Anexo 20. Medición de variables agronómicas**

### Altura de planta



### Número de hojas



### Diámetro del tallo



### Número de flores





### Número de vainas



### Longitud de vainas



### Número de nódulos



### Anexo 21. Procedimiento de recolección y tinción de raíces

#### Recolección de raíces



**Selección, corte de raíces secundarias y terciarias colocadas en alcohol al 70 % en tubos de ensayo**



**Lavado de raíces y colocadas en tubo de ensayo con 2 ml de hidróxido de potasio (HKO) al 10 %, por 20 minutos a baño maría.**



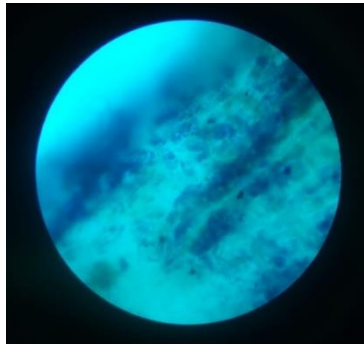
**Retirar el hidróxido de potasio y lavar las raíces con agua destilada, colocar 2 ml ácido clorhídrico (HCl) al 10 % a baño maría a 60 °C, por 2 minutos.**



**Retirar el ácido clorhídrico y lavar las raíces con agua destilada, colocar 2 ml de azul de metileno al 0,05 % a baño maría a 60 °C, por 20 minutos.**



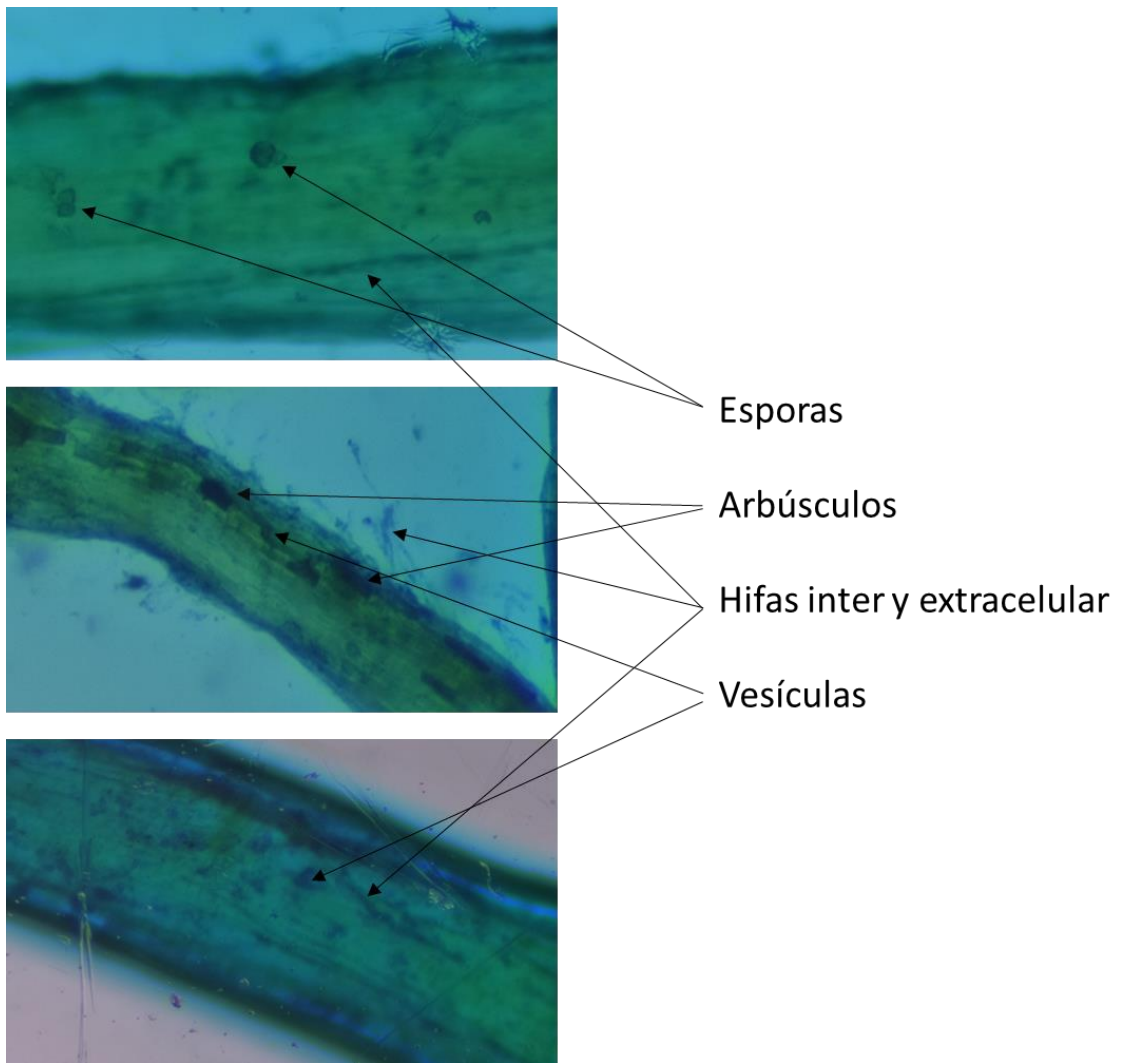
## Montaje y observación de hongos micorrízicos



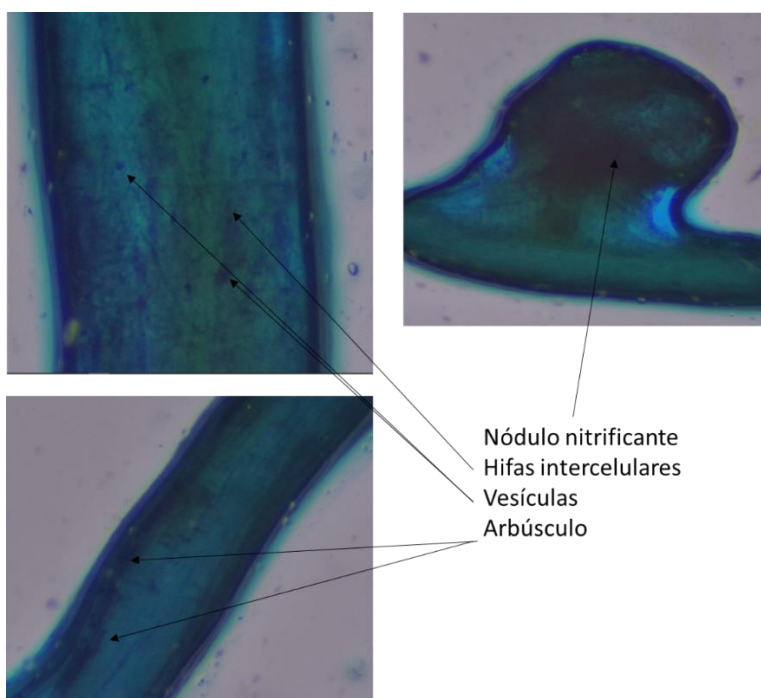
**Anexo 22.** *Observación de colonización micorrízica de los tres tratamientos en las raíces de fréjol.*

**Tratamiento 2, micorriza líquida comercial (MLC).**

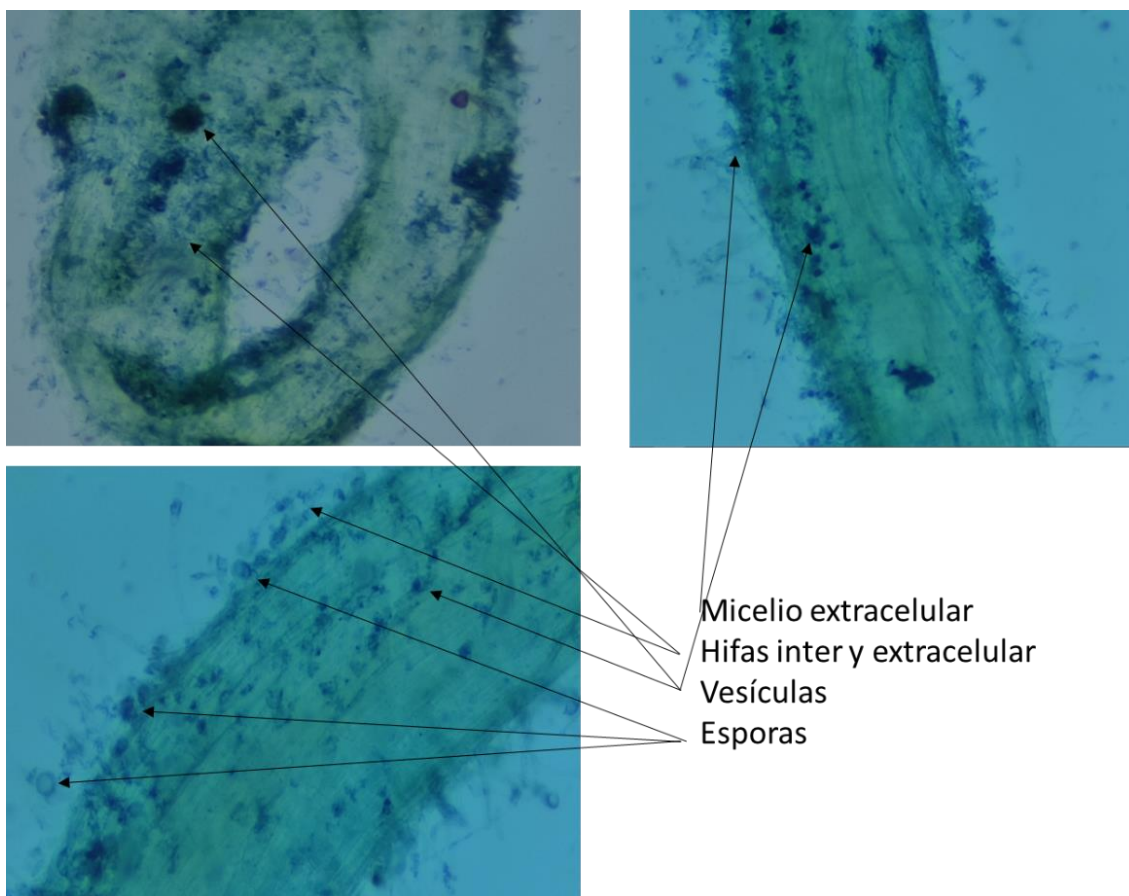




**Tratamiento 3, micorrizas nativas (MN).**



### Tratamiento 4, micorriza solida comercial (MSC).



Anexo 23. Resultado de análisis de suelo

DATOS DEL PROPIETARIO Y TERRENO		DATOS DE LA MUESTRA		
Solicitante: Julio Cesar Aguilar	Nombre de la Propiedad: Quinta Exp. Argelia	Fecha del Análisis: 03/06/2022		
Provincia: Loja	N° de Análisis: 02293	N° de Muestra: Muestra N. 1		
Cantón: Loja	Encargado del Muestreo: Solicitante	Cultivo: Frejol		
Sector: Argelia	Fecha del Muestreo: 30/05/2022	Factura N°: 001-001-532		
C.I: 0705919272	Fecha de Ingreso: 31/05/2022	Fecha de entrega: 15/06/2022		

N° ANÁLISIS	MUESTRA	pH	ppm				%		
			P	S	Zn	B	M.O	N Total	
02293	Muestra N. 1 Frejol	6.4 MoAc	9.1 B	25.8 M	2.4 M	0.74 M	3.22 M	0.16 B	
			(meq/100gr)						
			Ca	K	Mg	Al + H			CIC
			6.3 M	0.37 M	1.2 M	0.56 LT			13.47 M

N° ANÁLISIS	MUESTRA	Textura (%)			Clase Textural	g/cm <sup>3</sup>
		Arcilla	Limo	Arena		Densidad Aparente
02293	Muestra N. 1 Frejol	24%	42%	34%	Franco	1.59

**Anexo 24.** *Demanda de nutrientes según el análisis de suelo y el requerimiento del cultivo*

Resultados de Análisis de suelo				Requerimiento del cultivo (kg/ha)	Cantidad aplicar (kg/ha)	Cantidad aplicar (g/planta)
Nutriente	Unidad	Valor	Kg/ha			
N Disponible	%	0.0016	51.20	98.00	46.80	0.70
P	ppm	9.1	28.94	20.51	-8.43	-0.13
S	ppm	25.8	82.04	17.00	-65.04	-0.98
Zn	ppm	2.4	7.63	0.50	-7.13	-0.11
B	ppm	0.74	2.35	0.30	-2.05	-0.03
Ca	meq/100g	6.3	4014.61	62.00	-3952.61	-59.29
K	meq/100g	0.37	460.00	74.16	-385.84	-5.79
Mg	meq/100g	1.2	464.03	15.07	-448.96	-6.73

**Anexo 25.** *Plan de fertilización para el cultivo de fréjol*

Fertilizantes utilizados	Aplicación al suelo (g/planta)	Cantidad de gramos en cada aplicación		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Urea (46 - 0 - 0)	1.78	0.82		
Abono completo (12 - 36 - 12)	2.16	0.26	0.78	0.26
Abono completo (12 - 36 - 12)	4.4	0.53	1.58	0.53
	Oferta	1.61	2.36	0.79
	Demanda del cultivo	1.47	0.71	1.34
<b>Déficit (+), Exceso (-)</b>		<b>-0.14</b>	<b>-1.66</b>	<b>0.55</b>

**Anexo 26.** *Porcentaje de saturación de bases*

Variable	Valor (%)	Optimo para el cultivo (%)
Saturación de Bases (SB) =	58.43	> 50
SB Ca =	46.77	30 - 50
SB Mg =	8.91	15 - 25
SB K =	2.75	2 -- 5

**Anexo 27.** *Relación de bases cambiables*

Relación de bases	meq/100g	Valor (%)	Optimo (%)
Ca/Mg	6.3/1.2	5.25	2 - 5
Mg/K	1.2/0.37	3.24	2.5 - 15
(Ca + Mg) /K	(6.3 + 1.2) /0.37	20.27	10 - 40
Ca/K	6.3/0.37	17.03	5 - 25

**Anexo 28.** *Requerimiento hídrico del cultivo de fréjol*

Variables \ Mes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Precipitación (mm/mes)	61.15	43.77	42.32	86.70	81.12
Precipitación efectiva (mm/mes)	55.17	40.70	39.45	74.67	70.59
ETo (mm/mes)	129.72	137.04	153.82	164.19	156.49



kc	0.50	0.60	1.01	1.02	0.90
ETc (mm/mes)	64.86	82.23	155.36	167.48	140.84
Necesidades netas (mm/mes)	9.69	41.52	115.90	92.80	70.25
Eficiencia de aplicación (aspersión)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Necesidades reales (mm/mes)	12.93	55.36	154.54	123.74	93.66
Necesidades reales (mm/día)	0.42	1.79	5.15	3.99	3.12
Necesidades reales (m <sup>3</sup> /día/ha)	4.17	17.86	51.51	39.92	31.22
Densidad de siembra	0.3m entre plantas x 0.5 m entre surcos				
Número de plantas por hectárea	66666				
Necesidades reales (l/día/planta)	0.06	0.27	0.77	0.60	0.47

**Anexo 29.** *Tercera visita de campo socialización de resultados el proyecto de investigación*



*Tríptico de divulgación de resultados en la tercera visita de campo del proyecto de investigación.*

## Introducción.

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) también conocido comúnmente como fríjol, poroto, judía o carota, es una legumbre de gran producción y consumo en el mundo, pertenecen a la familia de las leguminosas. El fréjol tiene mucha importancia en los sistemas de producción agrícola y se ha constituido como alimento fundamental en la dieta alimentaria de muchos países (África y América Latina).

La palabra micorriza proviene del griego mykorhiza: myko = hongo y rhiza = raíz (hogo de raíz), estos hongos crean una relación de mutuo beneficio con la planta, el hongo capta agua y nutrientes a través de hifas y la planta proporciona al hongo azúcares, aminoácidos, ácidos grasos y carbono. Las micorrizas ayudan a soportar el estrés hídrico, incrementa la absorción de nutrientes (fosforo), además, incrementa la resistencia a enfermedades.

**Familia:** Fabaceae.

**Nombre científico:** *Phaseolus vulgaris* L.

**Nombre común:** Fréjol, frijol, poroto, judía, etc.

**Descripción geográfica:** El proyecto se llevó a cabo en la quinta experimental La Argelia sector los molinos, extensión de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en las coordenadas 699 818,30 m E y 553 353,33 m

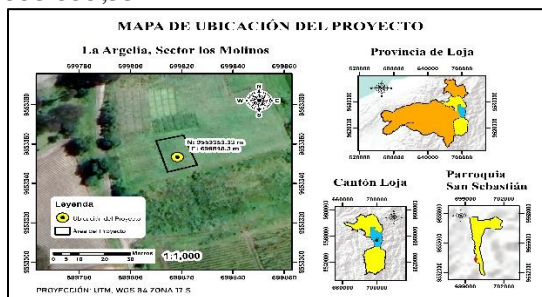


Figura 1. Ubicación del proyecto de investigación

Fuente: Aguilar. 2023.

## Objetivos específicos.

- Determinar la eficiencia de los biofertilizantes micorrízicos en el desarrollo fenológico y en el rendimiento del cultivo de fréjol.
- Evaluar el grado de colonización de las raíces de fréjol para comparar el rendimiento del cultivo y los biofertilizantes micorrízicos.

## Tratamientos.

Tabla 1. Clasificación de tratamientos aplicados a la investigación

N°	Código	Fuentes de inóculo de HMA.	Observaciones
T1	SM	Testigo	Sin micorrizas
T2	MLC	Micorriza líquida comercial	88 ml/Semilla
T3	MN	Micorrizas nativas	2 g/Semilla
T4	MSC	Micorriza solida comercial - Orgevit	2 g/Semilla

Fuente: Aguilar. 2023.

En el proyecto experimental en campo se utilizó la variedad INIAP 422 Blanco Belén, se sembró con una densidad de 0,30 m entre plantas y 0,5 m entre surcos, el proyecto estuvo conformado por 20 unidades experimentales, cada unidad contiene un área de 3,90 m<sup>2</sup> (3,9 m x 1 m), el área bruta corresponde a 78 m<sup>2</sup>, el área total es de 144,8 m<sup>2</sup> (18,10 m x 8 m) incluyendo pasillos de 0,5 m de ancho.

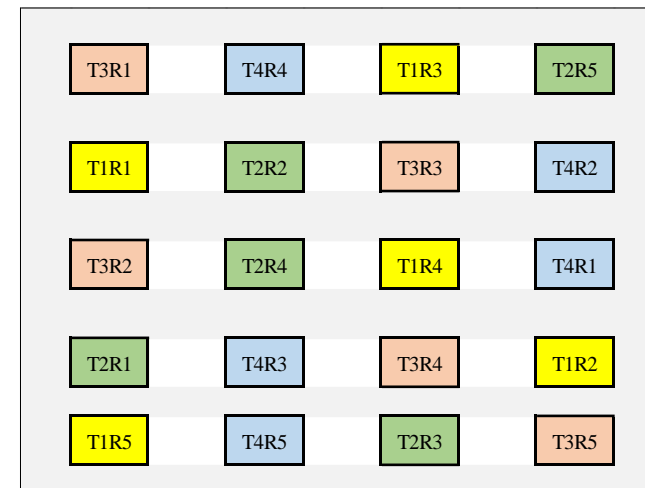


Figura 2. Esquema del arreglo experimental de las parcelas para el cultivo de fréjol.

## Metodología.

**Para el primer objetivo:** Se realizó la medición de variables agronómicas del cultivo, las mediciones se realizaron a los 15 días después de la emergencia del cultivo a 10 plantas seleccionadas al azar en cada una de las repeticiones. Las variables agronómicas fueron: N° de días a la germinación., N° de días a las hojas verdaderas, altura de la planta, diámetro del tallo, N° de hojas (unidades), N° de flores, N° de días a la floración, N° de días a la cosecha en verde, N° de vainas por planta, longitud de la vaina, rendimiento del grano (kg/ha) en vaina verde, y número de nódulos.

**Para el segundo objetivo:** Se observaron las raíces del cultivo para determinar el porcentaje de colonización de los hongos micorrízicos de cada tratamiento con HMA a los 90 días después de haber germinado las semillas de fréjol, además se registró el número de nódulos por planta en cada tratamiento.

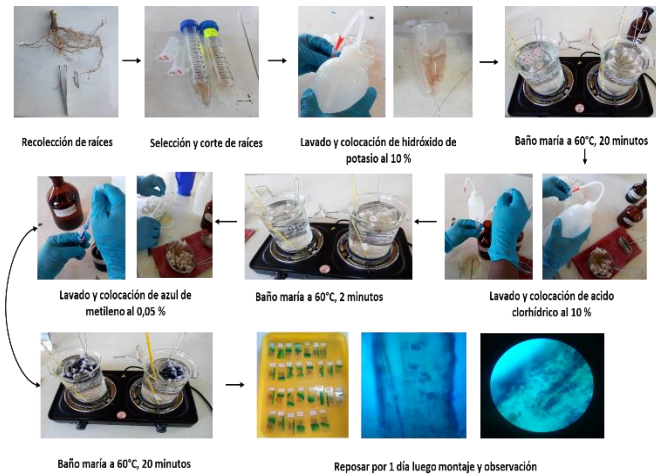


Figura 3. Procedimiento de tinción y observación de raíces

Fuente: Aguilar. 2023.

### Resultados.

Con base a los datos recolectados en campo se obtuvieron los siguientes resultados.

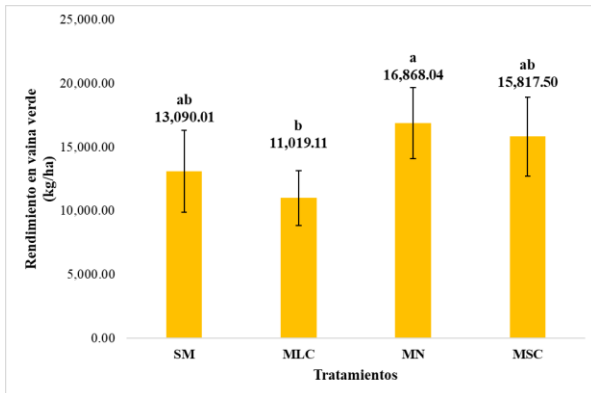


Figura 4. Rendimiento (kg/ha) de fréjol de vaina en la Quinta Experimental La Argelia. 3 granos por golpe, las letras diferentes muestran diferencia estadística

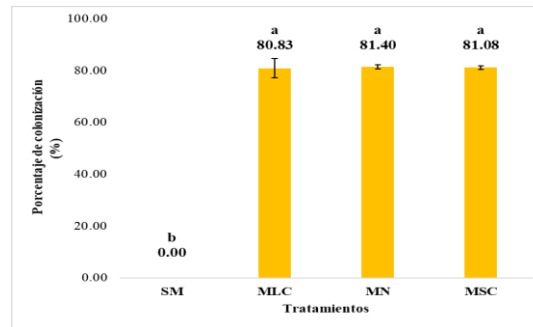


Figura 5. Porcentaje de colonización de hongos micorrízicos en raíces de fréjol, mediante el uso de biofertilizantes y el inóculo nativo, las letras diferentes muestran diferencia estadística.

### Conclusiones.

- Con la aplicación de productos micorrízicos se incrementó en el desarrollo fenológico del cultivo, en referencia al testigo, los rendimientos se incrementaron un 29 % aplicando micorrizas nativas (MN) y un 21 % aplicando micorriza solida comercial (MSC) en relación al testigo

- La simbiosis entre hongo y raíz en la planta de fréjol, es posible, mediante la utilización de productos micorrízicos comerciales o nativos superando el 50 % de colonización en las raíces.

### Recomendaciones.

- Utilizar estos productos micorrízicos en otros cultivos de alta producción y consumo como es el tomate riñón, maíz, hortalizas y cultivos de ciclo corto y demostrar la eficiencia de estos productos.

- Fomentar la utilización de biofertilizantes micorrízicos y así promover una agricultura consciente con el ambiente, además, garantizar una producción más orgánica para los consumidores al disminuir el uso de productos químicos.



Universidad Nacional de Loja

Carrera de Ingeniería Agrícola



Tema:

**Evaluación de biofertilizantes de micorrizas nativas y comerciales en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), en la quinta experimental La Argelia. Loja, Ecuador.**

Estudiante: Julio César Aguilar Asanza

Docente: Ing. Narcisa Urgiles Gómez PhD.

Loja – Ecuador  
2023



**UNIDAD EDUCATIVA "SAN FRANCISCO DE ASÍS"**

Zamora – Ecuador

Zamora, 29 de mayo de 2023

Mgtr. Gabriela Obaco G.

**DOCENTE DE INGLÉS DE LA UNIDAD EDUCATIVA "SAN FRANCISCO DE ASÍS"**

A petición verbal del interesado:

**CERTIFICA**

Que, la traducción del documento adjunto solicitado por el Sr. **JULIO CÉSAR AGUILAR ASANZA** con cédula de ciudadanía No. **0705919272**, cuyo tema de investigación se titula: **Evaluación de biofertilizantes de micorrizas nativas y comerciales en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), en la quinta experimental la Argelia. Loja, Ecuador, ha sido realizada por la Mgtr. Gabriela Obaco, docente de la Unidad Educativa "San Francisco de Asís"**

Esta es una traducción textual del documento adjunto y el traductor es competente para realizar traducciones.

Lo certifico en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer uso legal pertinente.

Atentamente,

-----  
Gabriela Obaco G.  
DOCENTE DE INGLÉS