

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE  
DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



**TESIS**

**“Abundancia de esporas y porcentaje de colonización de micorrizas  
de tres especies de leguminosas (*Fabaceae*) en fundo  
el bosque-UNAMAD”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO  
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**

**AUTOR:**

Bach. CARRASCO CORNEJO,  
Junior Matias

**ASESOR:**

Dr. Peña Valdeiglesias, Joel

Puerto Maldonado, octubre 2024



**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE  
DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



**TESIS**

**“Abundancia de esporas y porcentaje de colonización de micorrizas  
de tres especies de leguminosas (*Fabaceae*) en fundo  
el bosque-UNAMAD”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO  
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**

**AUTOR:**

Bach. CARRASCO CORNEJO,  
Junior Matias

**ASESOR:**

Dr. Peña Valdeiglesias, Joel

Puerto Maldonado, octubre 2024

## **DEDICATORIA**

El presente trabajado de investigación es dedicado en primer lugar a la licenciada Sheyla Villa Sanchez ya que desde un inicio del proyecto fue parte de la elaboración, ejecución en campo como también las palabras de motivación a continuar y culminar esta etapa de mi formación como profesional, siempre poniendo de su empeño para seguir adelante, en segundo lugar, a mi Madre por el apoyo brindado durante estos cinco años de estudio, a los docentes que formaron parte de mi crecimiento profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Dr. Joel Peña Valdeiglesias por el aporte en la elaboración del proyecto de investigación, como también por los conocimientos compartidos que fueron de guía para la elaboración del informe, a los miembros que conformaron el comité de jurados por hacer que el presente estudio de investigación pueda tener la estructura conforme a los lineamientos, del mismo modo a mis docentes que fueron parte de formación académica y por ultimo a la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios por el acceso al fundo el bosque de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente.

# TURNITIN\_JUNIOR CARRASCO CORNEJO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios Trabajo del estudiante	1%
3	<a href="http://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://www.scielo.org.pe">www.scielo.org.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.unamad.edu.pe">repositorio.unamad.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://www.zaragoza.unam.mx">www.zaragoza.unam.mx</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.uteq.edu.ec">repositorio.uteq.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://repositorio.ucss.edu.pe">repositorio.ucss.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="http://idus.us.es">idus.us.es</a> Fuente de Internet	

## PRESENTACIÓN

En la investigación en mención a abundancia de esporas y porcentaje de colonización de micorrizas de tres especies de leguminosas (*Fabaceae*), buscando ver la relación simbiótica existente entre los hongos micorrizicos con una de las familias más importantes entre los árboles aprovechables de la Región de Madre de Dios.

La importancia fundamental fue determinar la abundancia y colonización micorrízica de las especies de leguminosas, *inga alba*, *inga auristellae* y *Tachigali amarumayu*, el estudio fue de nivel básico para acreditar conocimientos teóricos, determinado la cantidad de esporas en las tres especies de leguminosas, asimismo, la cantidad promedio de estructuras presentes en las micorrizas y la colonización micorrízica en las tres especies de leguminosas, el estudio se realizó en el Fundo el bosque de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

## RESUMEN

El trabajo tiene como objetivo determinar la abundancia de esporas y el porcentaje de colonización micorrízica de tres especies de leguminosas (Fabaceae) en el Fundo el Bosque de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Es un estudio descriptivo que permite estimar la cantidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en diferentes bloques del fundo. En la investigación, se encontró que el bloque XXVI presentó el mayor número promedio de esporas por árbol de leguminosa, mientras que los bloques IX y VIII tuvieron los números más bajos. *Tachigali amarumayu* registró el mayor número de esporas, con valores homogéneos entre 9,3 y 12,3 esporas. En cambio, *Inga alba* e *Inga auristellae* mostraron mayor variabilidad, con promedios entre 14 y 15 esporas, y mínimos de 3,8 a 7,8 esporas. *I. alba* tuvo el mayor número de esporas en los bloques VIII y XXVI, mientras que *T. amarumayu* destacó en el bloque IX. *I. auristellae* mostró la mayor variabilidad en el número de esporas. Comparando las estructuras de HMA en las raíces, no se encontraron diferencias significativas, aunque *I. auristellae* tenía más vesículas, *T. amarumayu* más arbusculos e *I. alba* más hifas. El porcentaje promedio de colonización de HMA fue homogéneo entre los bloques, oscilando entre 64% y 68%. *Inga auristellae* tuvo el mayor porcentaje de colonización (68,1%), seguida por *Tachigali amarumayu* (66,3%) e *Inga alba* con el valor más bajo (64,4%). La variabilidad fue alta según la especie y el bloque, con el valor más alto en *I. auristellae* en el bloque VIII (75%).

**Palabras clave:** Hongos micorrízicos arbusculares, micorrizas, esporas, hifas, arbusculos, vesículas.



## SUMMARY

The objective of this study is to determine the spore abundance and mycorrhizal colonization percentage of three legume species (Fabaceae) in the Fundo el Bosque of the Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. This descriptive study aims to estimate the quantity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in different blocks of the Fundo. The research found that block XXVI had the highest average number of spores per legume tree, while blocks IX and VIII had the lowest numbers. *Tachigali amarumayu* registered the highest number of spores, with consistent values between 9.3 and 12.3 spores. In contrast, *Inga alba* and *Inga auristellae* showed greater variability, with averages between 14 and 15 spores, and minimums ranging from 3.8 to 7.8 spores. *I. alba* had the highest number of spores in blocks VIII and XXVI, while *T. amarumayu* stood out in block IX. *I. auristellae* showed the greatest variability in spore numbers. Comparing AMF structures in the roots, no significant differences were found, although *I. auristellae* had more vesicles, *T. amarumayu* more arbuscular, and *I. alba* more hyphae. The average AMF colonization percentage was homogeneous across the blocks, ranging from 64% to 68%. *Inga auristellae* had the highest colonization percentage (68.1%), followed by *Tachigali amarumayu* (66.3%), and *Inga alba* with the lowest value (64.4%). The variability was high according to species and block, with the highest value in *I. auristellae* in block VIII (75%).

**Keywords:** Arbuscular mycorrhizal fungi, mycorrhizae, spores, hyphae, arbuscular, vesicles.

## INTRODUCCIÓN

La dinámica que existe entre el bosque y los seres vivos es muy compleja, donde el papel del suelo y los microorganismos favorecen el desarrollo de las plantas; los cuales suministran alimentos a los seres vivos y se genera un ciclo (Malate 2017). Realizar estudios del sistema radical es muy importante para ver la asimilación del dióxido de carbono y los demás nutrientes esenciales del suelo (Ares y Peinemann 2008).

La compatibilidad que existe entre las plantas y las micorrizas es de un 80% aproximadamente, gracias a la simbiosis entre ellos pueden apoyarse en la asimilación de los nutrientes (Smith y Read 2008). Los hongos forman parte del orden Glomerales con un aproximado de 300 especies (Jobim et al. 2019). Los bosques de la Amazonia peruana han sido afectados por diferentes formas de aprovechamiento, una de ellas es la presencia de monocultivos que afecta la actividad microbiana del suelo, minimiza el desarrollo natural de la vegetación, perturba la asimilación de nutrientes como el fósforo, el papel de las micorrizas es ayudar al sistema radicular aumentando su alcance y mejorando la absorción de nutrientes (Garzón 2016).

La procedencia y la diversidad de hongos micorrízicos arbusculares definen los factores de crecimiento y desarrollo de la vegetación (Trejo et al. 2011). Los hongos tienen mayor compatibilidad a especies de bosques tropicales (Van Der Heijden et al. 1998).

El estímulo que provee las micorrizas es de mejorar el desarrollo, absorción de nutrientes, protección de patógenos, adaptación a zonas intolerables.

## INDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
RESUMEN.....	vii
SUMMARY.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	ix
INDICE.....	x
Índice de figuras .....	xiii
Índice de tablas .....	xv
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Descripción del problema .....	1
1.2. Formulación del problema .....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo general .....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4. Variables.....	3
1.5. Operacionalización de variables .....	4
1.6. Justificación .....	5
1.7. Plagio.....	6
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Antecedentes del estudio .....	7
2.1.1. Internacional.....	7
2.1.2. Nacional .....	7
2.1.3. Local.....	8
2.2. Bases teóricas .....	9
2.2.1. Bosques húmedos tropicales.....	9
2.2.2. Familia Fabaceae .....	9
2.2.3. Suelo .....	9
2.2.4. Absorción de nutrientes en el suelo.....	10
2.2.5. Raíces finas.....	10

2.2.6.	Micorrizas .....	10
2.2.7.	Micorrizas vesicular-arbuscular .....	11
2.2.8.	Estructuras principales de los hongos micorrizicos arbusculares.....	11
2.2.9.	Hongos micorrizicos arbusculares .....	12
2.2.10.	Colonización micorrizica .....	13
2.2.11.	Funciones ecológicas .....	13
2.2.12.	Importancia de los hongos micorrizicos .....	13
2.2.13.	Colonización de la raíz .....	13
CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....		15
3.1.	Tipo de estudio .....	15
3.1.1.	Tipo de Investigación.....	15
3.1.2.	Descripción del área de estudio.....	15
3.1.3.	Materiales, equipos y herramientas .....	15
3.2.	Diseño del estudio .....	17
3.3.	Población y muestra .....	17
3.4.	Métodos y técnicas .....	17
3.4.1.	Fase de pre-campo .....	18
3.4.2.	Fase de campo.....	18
3.4.3.	Fase de laboratorio.....	19
3.4.4.	Fase de gabinete.....	21
3.5.	Tratamiento de los datos .....	21
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		23
4.1.	Número de esporas de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) en tres especies de leguminosas .....	23
4.2.	Comparación de número y tipo de estructuras presente en hongos micorrizicos arbusculares (HMA) en las raíces de tres especies de leguminosas .....	35
4.2.1.	Número de vesículas en HMA .....	35
4.2.2.	Número de Arbusculos en HMA .....	36
4.2.3.	Número de hifas en HMA .....	36
4.2.4.	Comparación del número y tipo de estructuras presente en HMA en las raíces de tres especies de leguminosas.....	37
4.3.	Porcentaje de colonización micorrizica de HMA de tres especies de leguminosas .....	38
DISCUSIONES.....		43

CONCLUSIONES.....	45
SUGERENCIAS.....	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
Anexos.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Estructura principal del hongo micorrízico arbuscular (Sánchez 2005).....	12
<i>Figura 2.</i> Muestras de campo de las diferentes especies estudiadas.....	17
<i>Figura 3.</i> Recolección de muestras de campo de una especie a una profundidad de 20 cm. ....	18
<i>Figura 4.</i> Procedimiento de aislamiento y conteo de esporas.....	20
<i>Figura 5.</i> Gráfico de barras de la comparación del número de esporas encontradas en HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque VIII del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.....	24
<i>Figura 6.</i> Gráfico de barras de la comparación del número de esporas encontradas en HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque VIII del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.....	25
<i>Figura 7.</i> Gráfico de barras de la comparación del número de esporas encontradas en HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque XXVI del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.....	26
<i>Figura 8.</i> Gráfico de barras de la comparación del número de esporas encontradas en HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque IX del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.....	26
<i>Figura 9.</i> Gráfico de barras de la comparación del número de esporas encontradas en HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque XVI del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.....	27
<i>Figura 10.</i> Esporas obtenidas en las muestras de suelos de la especie de Shimbillo ( <i>Inga auristellae</i> ).....	30
<i>Figura 11.</i> Esporas obtenidas en las muestras de suelos de la especie de Shimbillo colorado ( <i>Inga alba</i> ).....	32

<i>Figura 12.</i> Esporas obtenidas en las muestras de suelos de la especie de Palo santo (Tachigali amarumayu).....	35
<i>Figura 13.</i> Gráfico de barras de la comparación del número de estructuras de HMA (vesículas, arbuscúlos e hifas) de tres especies de leguminosas en cuatro bloques del Fundo el Bosque.....	38
<i>Figura 14.</i> Gráfico de barras de la comparación del porcentaje de colonización de HMA de tres especies de leguminosas en cuatro bloques del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA. ....	40
<i>Figura 15.</i> Gráfico de barras de la comparación del porcentaje de colonización de las HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque VIII del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA. ....	41
<i>Figura 16.</i> Gráfico de barras de la comparación del porcentaje de colonización de las HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque XXVI del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA. ....	41
<i>Figura 17.</i> Gráfico de barras de la comparación del porcentaje de colonización de las HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque IX del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA. ....	42
<i>Figura 18.</i> Gráfico de barras de la comparación del porcentaje de colonización de las HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque XVI del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA. ....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Operacionalización de variables</i> .....	4
Tabla 2. <i>Ubicación de áreas de estudio</i> .....	15
Tabla 3. <i>Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del número de esporas de HMA presentes en tres especies de leguminosas en cuatro bloques del Fundo el Bosque Tambopata, Madre de Dios</i> .....	23
Tabla 4. <i>Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del número de vesículas de HMA presentes en tres especies de leguminosas en cuatro bloques del Fundo el Bosque Tambopata, Madre de Dios</i> .....	35
Tabla 5. <i>Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del número de arbuscúlos de HMA presentes en tres especies de leguminosas en cuatro bloques del Fundo el Bosque Tambopata, Madre de Dios</i> .....	36
Tabla 6. <i>Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del número de arbuscúlos de HMA presentes en tres especies de leguminosas en cuatro bloques del Fundo el Bosque Tambopata, Madre de Dios</i> .....	36
Tabla 7. <i>Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del número de estructuras de HMA presentes en cuatro bloques del Fundo el Bosque Tambopata, Madre de Dios</i> .....	37
Tabla 8. <i>Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del número de estructuras de HMA presentes en raíces de tres especies de leguminosas del Fundo el Bosque Tambopata, Madre de Dios</i> .....	37
Tabla 9. <i>Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del porcentaje de colonización de HMA presentes en tres especies de leguminosas en cuatro bloques del Fundo el Bosque Tambopata, Madre de Dios</i> .....	39



## CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del problema

De forma particular, los hongos micorrizicos arbusculares establecen simbiosis con la mayoría de las especies, pero hay hongos que son más efectivos que otros, por distintos factores, y más aún en especies que se logran adaptarse y desarrollarse de manera rápida, el claro ejemplo de las Leguminosas. (Niwa 2018) indica que hay especies de hongos introducidos que tienen más eficiencia que las especies nativas, ya sean que tengan condiciones desfavorables como suelos estériles o suelos nativos, sin embargo, esta condición en las especies de Leguminosas ha sido escasamente investigada. Por el motivo del planteo del proyecto de investigación.

Se consideró las siguientes especies *Inga auristellae*, *Inga alba* y *Tachigali amarumayu* por su gran abundancia, forman parte de la regeneración inicial de un bosque perturbado y estar en una de las familias más importantes de la bosques tropicales, con una gran variedad de especies de diferentes formas de vida (Caffo 2018), otro valor importante es la captación de nitrógeno del aire y la transferencia al suelo por medio de sus raíces, gracias a sus ramificaciones radiculares profundos (Reynoso 2016).

El valor de la colonización micorrízica en el desarrollo vegetal es de gran importancia, para la captación de nutrientes distantes que prolongan su desarrollo y crecimiento (Begum et al. 2019).

Comprender el amplio mundo de las interacciones ecológicas y los componentes bióticos que favorecen el establecimiento y desarrollo de las plantas, contribuyendo a generar una base de alternativas estratégicas para mejorar su uso sostenible (Brundrett 2009).

La importancia de saber el indicio favorable que tiene los hongos micorrízicos en el desarrollo de las especies forestales son muy importantes más aún que favorecen la aclimatación en zonas desfavorables de estrés (Abdelnour, Valverde y Aguilar 2004).

Existe un potencial maderable aproximado de 95 m<sup>3</sup>/ha en terrazas medias en Madre de dios donde lo que se aprovecha asciende a 40,93 m<sup>3</sup>/ha de acuerdo con la demanda de especies comerciales (Solano et al. 2011), lo que genera buscar información de los factores que inciden en el desarrollo de las diferentes especies de la Región de Madre de Dios, entre ellos las micorrizas.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Qué abundancia de esporas y porcentaje de micorrizas se encontrarán en tres especies de leguminosas (Fabaceae) en el Fundo el Bosque de la UNAMAD?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar la abundancia de esporas y el porcentaje de colonización micorrízica de tres especies de leguminosas (Fabaceae) en el Fundo el Bosque.

### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Cuantificar el número de esporas de los hongos micorrízicos arbusculares en tres especies de leguminosas (Fabaceae), *Inga auristellae*, *Inga alba* y *Tachigali amarumayu*.
- Comparar el número y tipo de estructuras presentes en hongos micorrízicos arbusculares en tres especies de leguminosas (Fabaceae), *Inga auristellae*, *Inga alba* y *Tachigali amarumayu*.
- Comparar el porcentaje de colonización micorrízica de las tres especies de leguminosas (Fabaceae), *Inga auristellae*, *Inga alba* y *Tachigali amarumayu*.

#### **1.4. Variables**

Identificación de variables:

- Variable a: Abundancia de esporas y porcentaje de colonización micorrízica.
- Variable b: Tres especies de Leguminosas en Fundo el Bosque.

## 1.5. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables		Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Variable b	Tres especies de Leguminosas en Fundo el Bosque.	Raíces de especies arbóreas de Leguminosas (familia Fabaceae) del bosque	<i>Inga auristellae</i> , <i>Inga alba</i> y <i>Tachigali amarumayu</i> .	4 árboles por especie evaluados en los 4 bloques, total 16 árboles seleccionados por especie del Fundo el bosque de la UNAMAD	¿Qué número de esporas de los hongos micorrízicos arbusculares se encontrara en tres especies de leguminosas en el Fundo el Bosque de la UNAMAD?
		Suelo que está en contacto con las raíces de los arboles	Suelo de bosque	48 muestras de suelo	
Variable a	Abundancia de esporas y porcentaje de colonización micorrízica	Las esporas son parte importante del ciclo biológico de los hongos y participan en la reproducción	Esporas de hongos micorrízicos	Cantidad de esporas en 25g de suelo.	¿Qué número de esporas de los hongos micorrízicos arbusculares se encontrara en tres especies de leguminosas?
		Es el grado de asociación o dependencia que existe entre los hongos y las plantas	Colonización micorrízica	Porcentaje de colonización.	¿Qué número y tipo de estructuras presentes en hongos micorrízicos arbusculares se encontraran en tres especies de leguminosas? ¿Qué porcentaje de colonización micorrízica tendrá las tres especies de leguminosas?

## **1.6. Justificación**

Existen varias condiciones para lograr el desarrollo de diferentes especies arbóreas, en especial las de alto valor económico, estas condiciones no ayudan al establecimiento de la planta en campo definitivo, con el proyecto se propondrá alternativas para la incorporación de microorganismos en suelos de condiciones desfavorables como las que son afectados por la erosión y actividades antrópicas realizados por el hombre. Por otra parte, ayudará en la propagación de especies producidos en vivero, mejorando su adaptabilidad a condiciones desfavorables de estrés al momento del trasplante y disminuirá el porcentaje de mortandad en la instalación en campo definitivo.

El estudio de los hongos micorrízicos en Madre de Dios es limitado, existen varias especies de las cuales se desconoce su población micorrízica, por ello en esta investigación se escogió especies de gran valor ecológico y económico de la familia Fabaceae, los cuales cumplen con lo siguiente: son de crecimiento rápido y contribuyen en generar materia orgánica al suelo rizosférico.

Conocer la población de hongos micorrízicos y la colonización presente en las zonas tropicales de la Región, favorecerá en el uso de explotación en la agricultura regional, nacional o integrada en la reforestación.

### **Justificación académica**

Ampliar la información en la Región de Madre de Dios sobre el manejo de suelos e incentivar la conservación del mismo, fomentando el uso de los hongos micorrízicos arbusculares en la agricultura y establecimiento en zonas de condiciones desfavorables de algunas zonas perturbadas.

### **Justificación metodológica**

La metodología que se utilizara en este proyecto es aplicada por varias generaciones en investigaciones realizadas en la recolección de información de micorrizas, contribuyendo a la amplia aplicación en zonas agrícolas con suelos pobres en nutrientes.

### **Justificación pertinente**

El proyecto propondrá alternativas para la incorporación de microorganismos en suelos de condiciones desfavorables como las que son afectados por la erosión y actividades antrópicas realizados por el hombre.

**Justificación económica**

A parte de la Poaceas la familia Fabaceae ocupa el segundo lugar con relación a otras especies tropicales de mayor importancia económica, de plantas cultivadas.

**Consideraciones éticas**

Para la realización de la investigación se utilizará una metodología revisada en diferentes investigaciones pasadas, con respaldo de las bibliografías presentes en este proyecto de Tesis. La investigación tiene como objetivo prevenir riesgos que perjudiquen a los derechos de autor.

**1.7. Plagio**

Esta investigación se compromete a no realizar el plagio, se brindará el respeto a los autores concediéndoles el crédito por su investigación, por medio del citado correspondiente bajo la norma ISO.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

#### 2.1.1. Internacional

Meza et al. (2017) en plantaciones de melina de 1 a 3 años, localizadas en la zona centra central tropical húmedo ecuatoriano en las provincias de Los Ríos, cantón Valencia, recolectaron diferentes muestras de suelo y raíces, en una época seca variante entre junio y diciembre; los resultados obtenidos que lograron fue encontrar dos géneros particulares de hongos micorrízicos arbusculares, *Glomus* y *Gigaspora*. Encontrando mayor porcentaje de esporas por gramo de suelo al género *Glomus* y la colonización micorrízica de los árboles de 1 año tuvieron mayor porcentaje.

Prieto et al. (2012) en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) ubicados en zonas centrales del trópico húmedo ecuatoriano en la provincia de Los Ríos, por los cantones de Quevedo y Valencia, recolectaron muestras de suelo en una época seca por los meses de junio y diciembre. Donde se encontraron los siguientes hongos formadores de micorrizas: *Acauloespora*, *Glomus*, *Scutellospora* y *Gigaspora*. El género con mayor abundancia fue *Glomus* y *Gigaspora* tuvo menor presencia en la cantidad de esporas.

Giraldo et al. (2019) en sistemas de ganadería del trópico bajo y alto del distrito de Antioquia, recolectaron muestras de suelo y raíces. Logrando ver la influencia del Calcio, magnesio, potasio, fósforo y el pH en la densidad de esporas, y el potasio en el porcentaje de colonización. Determinaron como el más predominante es el género *Glomus*, y se detectó los géneros *Acauloespora* y *Gigaspora* en cantidades menores en los sistemas de ganadería del trópico alto.

#### 2.1.2. Nacional

Quezada (2016) en especies cactáceas de especie *Opuntia ficus-indica* en Tumbes, Perú. Recolectaron las muestras de suelo en 5 zonas de Tumbes y

aislaron las esporas por el método de tamizado para después multiplicarlo en cultivos trampa alfalfa. Identificaron las especies de hongos micorrízicos arbusculares por medio de un análisis molecular; extrajeron de su ADN, usando la prueba de semi-nested PCR con primers externos y específicos, evaluados por electroforesis.

Medina (2017) En los cafetales de la variedad Caturra, ubicados en las zonas de Aviación (Lamas), Buena Vista (El Dorado), y Los Ángeles (Moyobamba), recolectaron muestras de suelo y raíces, donde determinaron la longitud del micelio radical, el porcentaje de colonización y la cantidad de esporas, en conjunto con su identificación. Encontrando mayor cantidad de esporas en la estación seca y mayor porcentaje de colonización en época húmeda, y la provincia de Lamas presento mayor porcentaje de colonización.

Diaz (2022) El café es uno de los cultivos agrícolas con mayor importancia a nivel mundial, donde las localidades de San Martín ("Santa Rosa, San Roque, Chontal, Buenos Aires, Cordillera Andina, Shamboyacu") son una de las mayores explotadas para ese cultivo agrícola, donde recolectaron masa radicular y suelo rizosférico, para obtener como resultado la identificación de 28 especies en los ecosistemas agrícolas, con una abundancia de géneros de la familia Glomeraceae asociadas al cultivo de café, la Cordillera Andina presento más abundancia de esporas de hongos, mientras que en la localidad de Shamboyacu presento mayor presencia de colonización de micorrizas con 82,79%.

### **2.1.3. Local**

Arevalo (2016) en plantas silvestre de cacao, recolectaron muestras de suelo y raíces en dos departamentos: Madre de Dios y Ucayali, en total tuvieron 54 muestras, hicieron un análisis de suelo de los dos departamentos, determinaron la cantidad de esporas por el método de tamizado y su porcentaje de colonización por el método de clarificación y tinción. El departamento donde encontraron mayor densidad de esporas fue Ucayali, debido a mayor contenido de arcilla en los suelos. Concluyeron que a mayor contenido de Ca mayor colonización, el género con más población fue *Glomus*.



## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Bosques húmedos tropicales**

La superficie terrestre tiene alrededor del 7% de bosques húmedos tropicales, con un fin muy importante de contribuir en la regulación del dióxido de carbono en la atmosfera y aunque es una porción pequeña de la superficie terrestre, en él se encuentran más de la mitad de las especies de flora y fauna del mundo (Pan et al. 2011).

### **2.2.2. Familia Fabaceae**

Es una de las familias botánicas con mayor diversidad, caracterizada por una notable variabilidad en su morfología. Su característica más reconocible es la producción de un fruto seco conocido como legumbre, que al madurar se abre a lo largo de dos líneas que corresponden a la sutura y al nervio central del único carpelo presente en el gineceo de cada flor. Las legumbres pueden variar considerablemente en tamaño, desde pequeñas hasta grandes, y poseen una estructura radialmente simétrica (actinomorfa). Esta familia está adaptada a una amplia gama de hábitats, predominando en regiones tropicales, aunque también es común encontrarla en zonas templadas, bosques y desiertos (Aguilar, León, y Mejía 2021).

### **2.2.3. Suelo**

La conformación del suelo está compuesta por diversos minerales y materia orgánica en una capa densa de 5cm (Molina, Amezquita y Phanor Hoyos 2003) y en suelos tropicales húmedos ferralíticos rojos de 0 a 20cm (Jiménez et al. 2013), diversos microorganismos. La capa de suelo se formó a través del tiempo por diferentes agentes que afectaron en la descomposición y partición de la roca madre, la desmaterialización de residuos orgánicos en los ecosistemas son gracias los microorganismos generando una mezcla de materia orgánica con el suelo. Existen varias técnicas para que el suelo se pueda conservar y poder formar un ciclo que ayude al equilibrio con el ecosistema a su alrededor (Hillel 2003).

El cambio de usos de suelo y vegetación son temas muy importantes y de gran magnitud reconocidos a nivel mundial, donde el conservar y mejorar el suelo es una de las grandes metas en la ciencia ambiental. Existe una gran necesidad

investigativa sobre la dinámica que existe en un entorno natural con el componente del suelo (Miranda 2013).

### **Calidad de suelos**

La capacidad funcional de poder cumplir distintas funciones, la medición de la calidad del suelo facilita ver la evolución del estado de los suelos, durante su sistema de manejo (Calderón, Moreno y Barra 2002).

#### **2.2.4. Absorción de nutrientes en el suelo**

El fósforo es uno de los 17 elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, siendo fundamental e insustituible. Este nutriente es clave para garantizar un crecimiento y reproducción óptimos, y no puede ser reemplazado por ningún otro elemento. Debido a su importancia crucial en el proceso de desarrollo vegetal, se clasifica como un nutriente primario (Sultenfuss 1999).

#### **2.2.5. Raíces finas**

Las raíces están compuestas por tejidos de diferentes tamaños y características morfológicas de las mismas; mientras otros son el sostén de la planta o árbol, otros conducen nutrientes y le dan mayor fijación de carbono al suelo donde está a cargo de las raíces de tejido secundario mientras que el tejido primario se encarga de la absorción de nutrientes y agua, lo último mencionado son las raíces finas y se caracterizan por su estructura dinámica y compleja (Flores 2013).

#### **2.2.6. Micorrizas**

Las micorrizas agrupan asociaciones simbióticas con plantas, que no son específicamente para todos, pero si con relaciones cooperativas. Los hongos se desarrollan en la epidermis de las plantas y las hifas que se encuentran en el exterior expanden la cantidad y la distancia de las raíces para la fijación de nutrientes, especialmente de fósforo. La glomalina es una sustancia que junta partículas del suelo formando agregados, desarrollando funciones de agregados, estabilizando los suelos con un aproximado 42 años como máximo y 6 años como mínimo, siendo una parte importante en la formación de la estructura del suelo (Barea, Azcón y Aguilar 2002).

### **2.2.7. Micorrizas vesicular-arbuscular**

Desde tiempos antiguos ya viene existiendo las micorrizas arbusculares al igual que las plantas, la información de su existencia fue recientemente hace más de 1 siglo; justamente establecen una simbiosis con el 95% de plantas (Pérez y Vertel 2010). La conexión entre las plantas y el suelo es comprometida por el micelio de los hongos micorrízicos arbusculares, gracias a su gran extensión dan facilidad a iones móviles como NO<sub>3</sub>, generando una ventaja a diferencia de la raíz no ramificada (Medina et al. 2010). Por otra parte, aseguran la estabilidad del agua del suelo debido a los agregados húmedos, dando un beneficio a cultivos y plantaciones de soportar condiciones de estrés (Beauregard et al. 2008), incrementa la captación de fósforo, protege a las raíces de los nematodos y otros hongos, proporcionan tolerancia a metales tóxicos, incrementan la microflora del suelo (Mukerji et al. 2000) La estructura que forma parte de las micorrizas arbusculares son, el arbusculo que parte de bifurcaciones repetidas de la hifa intracelular y la vesícula que en gran proporción es ovoide, conteniendo lípidos, ambos son indicadores de la colonización de la raíz (Salas 2004).

### **2.2.8. Estructuras principales de los hongos micorrizicos arbusculares**

#### **Esporas**

Logran formarse dentro del suelo y raíces gracias a las hifas, tienen más de mil núcleos en conjunto de lípidos y el citoplasma gracias a eso desarrolla paredes y funciona como propágulos para lograr una germinación (Sánchez 2005).

#### **Hifas**

Se ramifican con gran velocidad en el suelo en varias cantidades de hifas localizando nutrientes para su absorción, dan facilidad a compuestos de fósforo (Sánchez 2005).

#### **Arbúsculos**

Dan inicio de una hifa de ramificación repetitiva de la bifurcación del tronco de la hifa, multiplicando la cantidad de hifas muy finas, logran desarrollarse en el interior de las paredes de la raíz (Sánchez 2005).

## Vesículas

Estructuras ovoides globosas que tienen gran cantidad de lípidos y citoplasma, logran su desarrollo en el ápice de una hifa (Sánchez 2005). Toda su estructura se visualiza en la figura 1.

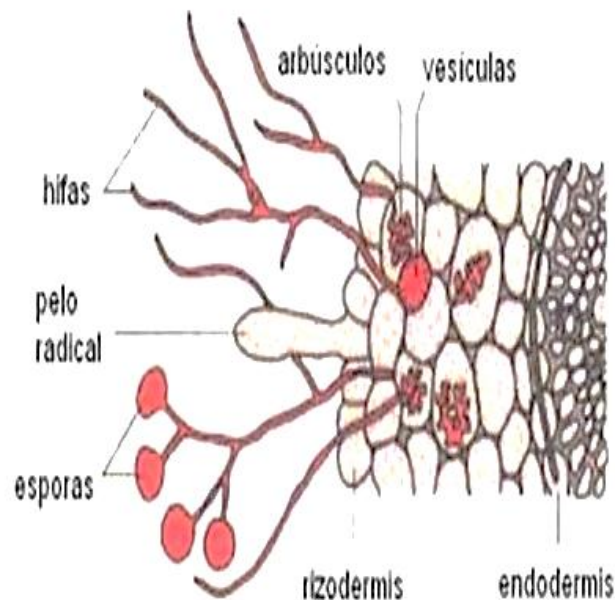


Figura 1. Estructura principal del hongo micorrízico arbuscular (Sánchez 2005).

### 2.2.9. Hongos micorrízicos arbusculares

Son elementos clave del microbiota natural en los ecosistemas, probablemente colonizando más tejidos vegetales que cualquier otro organismo. Estos microorganismos juegan un papel crucial en la fertilidad del suelo, ya que establecen asociaciones con las raíces de las plantas, mejorando su nutrición, absorción de agua, crecimiento y su capacidad para adaptarse a diversas condiciones de estrés, tanto biótico como abiótico (Acosta 2019).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), pertenecientes al subfilo Glomeromycota, establecen relaciones simbióticas con más del 85% de las plantas terrestres, incluyendo cultivos agrícolas y hortícolas. Estos hongos no solo protegen a las plantas, sino que también dependen de los productos de la fotosíntesis del hospedero para su crecimiento. Como simbioses obligados, desarrollan estructuras especializadas, como arbusculos y vesículas. En el ámbito agrícola, los HMA son especialmente valorados por su capacidad para mejorar la absorción de nutrientes, en particular el fósforo, y agua, lo que permite a las plantas soportar condiciones de sequía y enfrentarse a contaminantes (Dey y Ghosh 2022).

### **2.2.10. Colonización micorrízica**

La colonización por HMA no causa daño; las hifas crecen externamente y se ramifican en el suelo, mejorando la absorción de nutrientes y agua (Saboya 2018). Las plantas micorrizadas requieren una mayor cantidad de fotosintatos para satisfacer sus propias necesidades y las del micosimbionte, lo que permite un crecimiento y desarrollo estable de ambos organismos sin afectaciones (Rivas, Sánchez, Collazo, y Ricardo 2015).

### **2.2.11. Funciones ecológicas**

Las plantas suelen crecer en suelos ricos en nutrientes, pero estos nutrientes a menudo están en formas no disponibles para su absorción directa. Los hongos micorrízicos tienen la capacidad de secretar ácidos orgánicos que ayudan a solubilizar los minerales presentes en la roca madre. Este proceso convierte los nutrientes en formas asimilables, facilitando su absorción por parte de las plantas y mejorando así su nutrición (Li et al. 2016).

### **2.2.12. Importancia de los hongos micorrízicos**

El hongo se encarga de aportar minerales poco móviles en el suelo, que son asimilados por las hifas que se distancian en lugares donde las raíces no puedan alcanzar; para lograr la mineralización las hifas se integran con la materia orgánica. El papel importante de la micorriza es lograr un mayor alcance a diferencia de las raíces propias que también ayudan a los agregados del suelo, ayudan al proceso fotosintético, regula el crecimiento de la parte radical y área de la planta, incrementa la actividad microbiana cerca de la planta, proporciona una resistencia a estrés y patógenos (Blanco y Salas 1997).

### **2.2.13. Colonización de la raíz**

Estudios indican que existe una simbiosis entre las plantas y los hongos micorrízicos arbusculares, ya que es un fenómeno generalizado y antiguo, que existe un promedio del 80% de las familias de plantas que son capaces de establecer micorrizas arbusculares y desde hace 400 millones de años existe una

evidencia de fósiles donde se muestra la presencia de simbiosis en los tejidos de las plantas terrestres (Pirozynski y Dalpé 1989).

Las esporas de muchas especies no requieren una hospedera para poder germinar, pero en el continuo crecimiento de ésta necesitan a la planta o señales de la planta para la infección y penetración en sus estructuras. Después de germinar el hongo micorrízicos ramifica en todas las direcciones para mejorar la oportunidad de encontrarse con raíces hospederas y si el caso fuera no encontrar un hospedero se retiene el crecimiento por 30 días, para realizar una variación morfológica, y como una etapa final el desarrollo lateral del crecimiento de las hifas (Veiga et al. 2013).

## CAPITULO III:METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1. Tipo de estudio

#### 3.1.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo, es decir, se podrá determinar un total aproximado de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en los diferentes bloques ubicados en el fundo “El Bosque de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios”.

La investigación es de nivel básico donde se busca acrecentar los conocimientos teóricos y poder generar una base para posteriores investigaciones.

#### 3.1.2. Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicado en una zona de terraza alta, con los siguientes datos visualizados en la tabla 2. En el anexo 5 se encuentra el mapa de ubicación del área de estudio, los datos estadísticos de la ubicación de los puntos de dispersión de las especies de estudio están ubicados en el anexo 4 y el mapa de dispersión de las especies evaluadas en el anexo 6.

Tabla 2. *Ubicación de áreas de estudio*

Áreas de Estudio	Este	Norte
Fundo el Bosque - UNAMAD	484930.80	8622314.30

Fuente: elaboración propia

La Región posee una precipitación promedio de 1 986 mm/año, temperatura media anual de 25 °C y una humedad relativa de 80%(Corvera 2010).

#### 3.1.3. Materiales, equipos y herramientas

##### Materiales

- Lápiz
- Cuaderno de apuntes
- Plumones indelebles de diferentes colores
- Tamices (500, 150 y 38  $\mu\text{m}$ )

- Ziplock
- Regla
- Costales

### **Materiales de laboratorio**

- Matraz
- Placas Petri
- Porta objetos
- Baño maría
- Cubre objetos
- Cassetes para histología
- Centrifuga

### **Químicos de laboratorio**

- Sacarosa (al 20% y 60%)
- Compuesto de KOH al 10%
- Compuesto de HCl al 1%
- Compuesto acidificado de glicerol
- Agua oxigenada alcalinizada
- Reactivo de Melzer
- Reactivo de PVLG

### **Herramientas**

- Machete
- Cavadora
- Pala de corte
- Wincha

### **Equipos**

- Cámara Fotográfica o celular Samsung
- Laptop hp core i3
- Microscopio Leica DM4
- Estereoscopio Leica DM IL
- GPS garmin 64s



### 3.2. Diseño del estudio

La investigación no se consideró experimental porque no se tuvo un control directo sobre las variables. Se realizó la recolección de datos y su respectivo análisis para validar los resultados. De esta forma, se consideró un diseño estadístico descriptivo (Abreu 2012). El muestreo se realizó una vez en la estación lluviosa.

### 3.3. Población y muestra

#### Población

Está formado por tres especies de Leguminosas; *Inga auristellae*, *Inga alba* y *Tachigali amarumayu* del fundo el Bosque - UNAMAD.

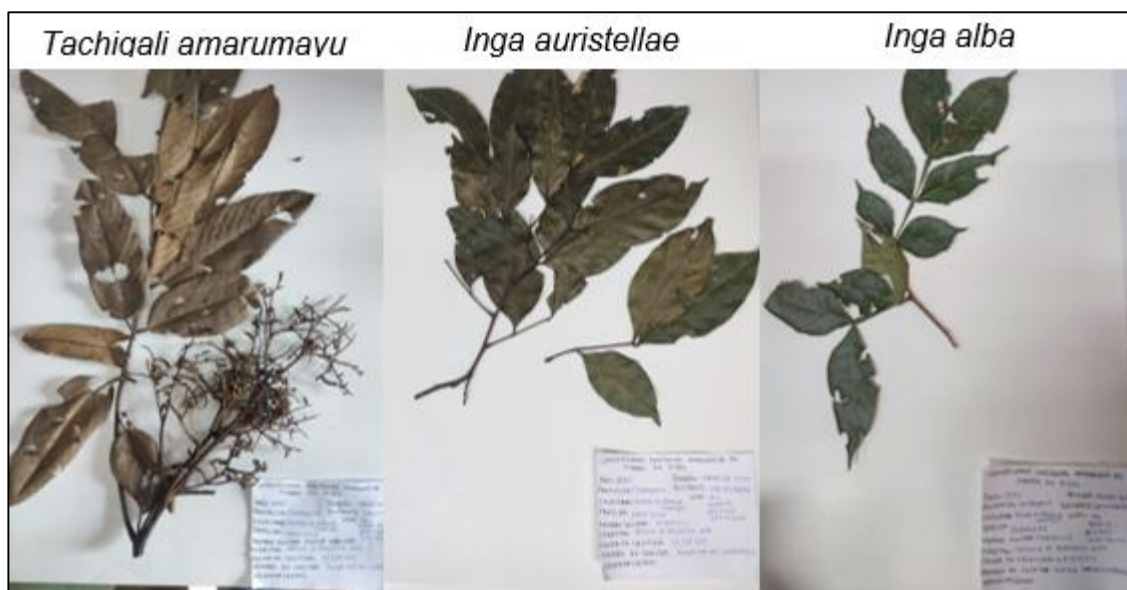


Figura 2. Muestras de campo de las diferentes especies estudiadas.

#### Muestra

Se tomaron muestras de 4 árboles por especie del Fundo el Vivero, teniendo un subtotal de 12 muestras por bloque con un total de 48 muestras de suelo y raíces.

#### Muestreo

No probabilístico

### 3.4. Métodos y técnicas

**Métodos:** Observación.

**Técnica:** Destrucción de muestras para recolección de datos.

### 3.4.1. Fase de pre-campo

Se realizó un análisis informativo respecto al tema, que incluyó la revisión de bibliografía, análisis y selección de información que existe en revistas facilitadoras de información referente al tema de investigación. Continuamente se hizo la coordinación para salir al campo como la fecha, los equipos, materiales para llevar a cabo la investigación.

### 3.4.2. Fase de campo

En la fase de campo se ubicaron las especies de leguminosas en los siguientes bloques (IX, VIII, XVI, XXVI) para luego ubicar 4 árboles por especie (*Inga auristellae*, *Inga alba* y *Tachigali amarumayu*), donde se procedió a la recolección de muestras de suelo de acuerdo a la metodología de con las modificaciones en las dimensiones del área de muestreo, que se hicieron con la ayuda de una cavadora, las muestras se recogieron a 20 cm de profundidad del suelo, 15 cm de ancho y largo como se muestra en la figura 3, donde se colocaron en bolsas de Ziplock para la conservación de la muestra, las muestras se recolectaron en época lluviosa.

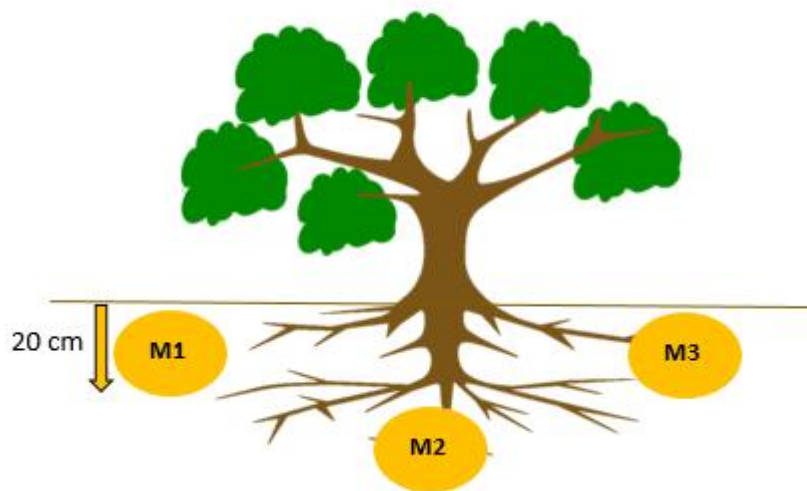


Figura 3. Recolección de muestras de campo de una especie a una profundidad de 20 cm.

Se recolectaron 3 muestras por árbol, en total fueron 4 muestras homogenizadas de suelo por especie en los puntos de los 4 bloques del fundo el Bosque. La muestra recolectada en la rizosfera fue raíces secundarias y suelo a 20 cm de profundidad de cada árbol. Las muestras totales por cada bloque fueron 12, donde se tuvieron 48 muestras del fundo el Bosque.

### 3.4.3. Fase de laboratorio

#### Aislamiento y conteo de esporas

Para aislar los HMA de las partículas de suelo y otros, se utilizó el método propuesto por Gerdemann y Nicolson (1963), donde se realizó la decantación de las partículas de suelo por medio de tamizado, similar a la metodología propuesta pero con unas ligeras modificaciones en el uso de tamices de diferentes tamaños y el uso de la centrifuga con agua destilada y luego con sacarosa. Se pesaron 25 g de suelo, las partículas de suelo fueron separadas con las manos y colocadas en un vaso de matraz, donde se añadieron 1000 ml de agua potable, se agitó durante 5 minutos y la suspensión se dejó reposar durante 2 minutos. Luego, se pasó a través de diferentes tamices con aberturas de mallas de 500, 150 y 38  $\mu\text{m}$ , similar a la Figura 4. La agitación y decantación se repitieron tres veces. El material que quedó atrapado en los tamices se vertió en envases de vidrio, donde posteriormente se llevó a tubos de 15 ml para centrifugar con agua destilada y el sobrenadante se puso con una solución de sacarosa al 80% para luego llevarlos a la centrifuga por 120 segundos a 2000 revoluciones por minuto, donde se vació el sobrenadante en el tamiz de menor tamaño, se lavó el exceso de sacarosa y se vertió en un tubo de precipitado con 100 ml de agua destilada para la dilución. Se extrajeron 5 ml de muestra para colocar en el papel filtro y luego se visualizaron a 40x para el conteo y captura de esporas.

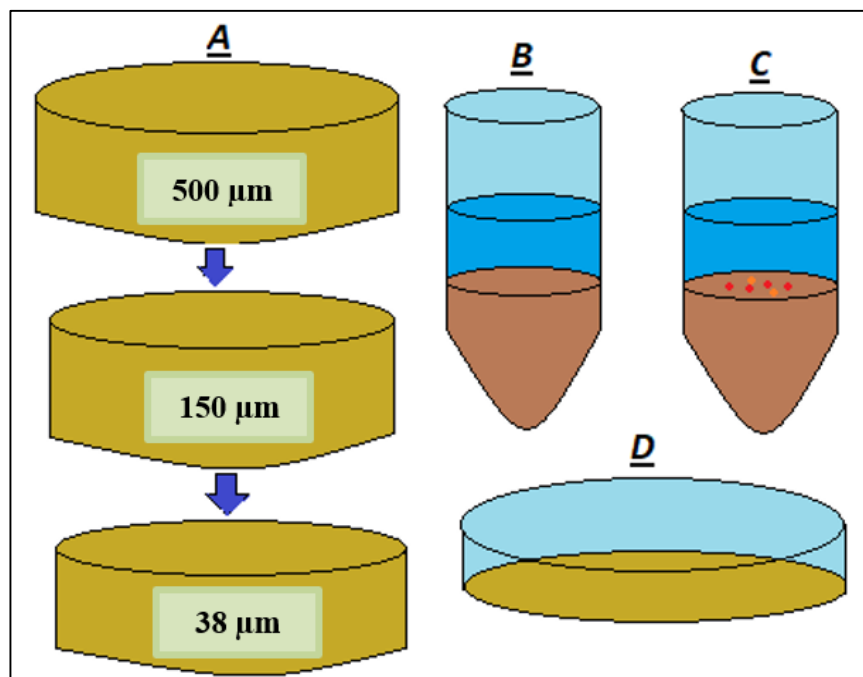


Figura 4. Procedimiento de aislamiento y conteo de esporas.

A: Primera etapa de agitación y decantación.

B: Etapa de centrifugación.

C: Etapa de recojo de las esporas.

D: Etapa de conteo de esporas.

Para el conteo de esporas en el microscopio se utilizará la fórmula 1 y 2:

$$Total\ de\ esporas = \frac{coeficiente\ x\ cantidad\ de\ esporas}{25} \dots\dots\dots (Ecuación\ 1)$$

Donde:

Coeficiente de dilución = 100 ml ..... (Ecuación 2).

### **Tinción de raíces para HMA**

Para lograr una visualización de la colonización las raíces fueron sometidas a un proceso de aclaración y tinción. El método más utilizado en la tinción es el descrito por Phillips y Hayman (1970) y modificado por Koske y Gemma (1989) es la que se utilizó en nuestra investigación con una ligera modificación para raíces muy pigmentadas se les dejara 24 horas en reposo con la mezcla del reactivo.

Primeramente, se procedió a lavar las raíces varias veces con abundante agua para eliminar los residuos de suelo, después se comenzó a sumergir las raíces en solución de KOH al 10% por una hora a 90°C en la autoclave luego se eliminó el KOH con abundante agua tres veces para quitar el exceso de KOH, después de ello al observar demasiada pigmentación se sumergió en agua oxigenada alcalinizada durante 25 minutos, luego de ello se volvió a lavar las raíces con abundante agua para después de ello sumergirlo en la solución de HCL al 1% por cinco minutos para luego eliminar el HCL pero sin lavar las muestras usando papel toalla para evitar perder la acidificación de la muestra para la tinción, después de ello se procedió a teñir las muestras con la solución de lacto-glicerol (20 ml de ácido láctico, 40 ml de glicerol y 40 ml de agua destilada) con tinta para tampón (Yon et al.

2015), donde se llevó a la autoclave a 90°C por cinco minutos, después de ello se eliminó la solución colorante y se dejó con la solución lacto-glicerol hasta llevar al microscopio.

En el microscopio se visualizó las esporas de HMA y su colonización en la misma para determinar el % de colonización con la fórmula 3:

$$\%colonizacion = \frac{\# \text{ numero de campos colonizados}}{\# \text{ campos obsrvados}} \times 100 \dots \dots \dots \text{(Ecuación 3)}$$

Donde la visualización de las raíces se hizo a 10x, con 1.5 cm de medida por raíz.

#### **3.4.4. Fase de gabinete**

Se recopilaron los datos obtenidos en campo con su debida codificación por área de estudio para después realizar el procesamiento y análisis de los datos tratamientos de datos.

Para la digitación de los datos se utilizó Excel y para el análisis de datos obtenidos en cada parcela de área de estudio se procesaron con R estudio.

### **3.5. Tratamiento de los datos**

Los datos obtenidos en campo se procesaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 365. Los datos de número de esporas, número y tipo de estructuras presentes y el porcentaje de colonización micorrízica en HMA se organizaron según bloques y especies para posteriormente exportarlos a los paquetes estadísticos. Los resultados se presentaron en Tablas y Figuras, considerando estadísticos de tendencia central (promedio) y dispersión (desviación estándar)

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para: (1) comparar el número de esporas de los HMA en las tres especies de leguminosas; (2) comparar el número y tipo de estructuras presentes en HMA en las tres especies de leguminosas; y (3) comparar el porcentaje de colonización micorrízica de las tres especies de leguminosas. Para el modelo de ANOVA se consideraron como factores fijos al bloque del fundo es bosque y las especies, y además se consideró la interacción entre estas (Ec.1). Los supuestos paramétricos de analizaron en los residuos de cada ANOVA. La normalidad se verificó con la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de las

varianzas entre los grupos a comparar (prueba Brown-Forsythe). Posterior al ANOVA se realizó las comparaciones múltiples entre todos los grupos (especies y bloques) así como las interacciones entre estas mediante el posthoc test Bonferroni. Los análisis y gráficos se desarrollaron con los paquetes estadísticos InfoStat versión 2020p y SigmaPlot versión 15.

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (A \times B)_{ij} + \varepsilon \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

- $Y_{ij}$  = Representa la respuesta de la variable en el i-ésimo nivel del factor A (bloques del fundo el bosque) y en el j-ésimo nivel del factor B (especies).
- $\mu$  = Es el valor medio de  $Y_{ij}$ .
- $A_i$  = Representa el efecto que tiene el nivel i del factor A sobre la media global.
- $B_j$  = Representa el efecto que tiene el nivel j del factor B sobre la media global.
- $(A \times B)_{ij}$  = Representa el efecto de interacción entre el nivel i del factor A y el nivel j del factor B.
- $\varepsilon$  = Es la variación aleatoria de las  $Y_{ij}$ ; y esta sigue una distribución normal  $N(0, \sigma^2)$ .

## CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Número de esporas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en tres especies de leguminosas

Previo al análisis de comparación del número de esporas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) entre las especies y los bloques se verificó el cumplimiento de la normalidad de los residuos y la homogeneidad de las varianzas. Se encontró que los datos cumplían con el supuesto de normalidad (Shapiro-Wilk,  $p$ -valor = 0,298 > 0,05) y homogeneidad de varianzas (Brown-Forsythe  $p$ -valor = 0,059 > 0,05). Debido a esto se utilizó el análisis de varianzas (ANOVA) para la comparación entre los grupos. Los resultados del ANOVA mostraron que de manera estadística no se hallaron diferencias significativas en el número de esporas entre especies (0.811), bloques ( $p = 0.064$ ) ni en la interacción entre estos factores ( $p = 0.094$ ) (Tabla 3).

Tabla 3. *Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del número de esporas de HMA presentes en tres especies de leguminosas en cuatro bloques del Fundo el Bosque Tambopata, Madre de Dios*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	474.8	11	43.2	1.8	0.083
Bloque	185.8	3	61.9	2.6	0.064
Especie	9.9	2	4.9	0.2	0.811
Bloque x Especie	279.1	6	46.5	2.0	0.094
Error	844.5	36	23.5		
Total	1319.3	47			

Las diferencias no significativas en el número de esporas de HMA entre bloques, especies y su interacción se corroboraron mediante el posthoc test Bonferroni. No se encontraron diferencias significativas entre bloques (Bonferroni;  $p$ -valor > 0,05), especies (Bonferroni;  $p$ -valor > 0,05) y la interacción de estas (Bonferroni;  $p$ -valor > 0,05).

En el bloque XXVI (13,6) se encontró el mayor número promedio de esporas por árbol de leguminosa. Mientras que en los bloques IX y VIII se encontraron los

números de esporas más bajos, 8,3 y 9,5 respectivamente (Figura 5). En general, considerando a todas las leguminosas del estudio, se encontró un mayor número de esporas en *Tachigali amarumayu* (11,1), seguido por *Inga alba* (10,8), mientras que los valores más bajos se encontraron en *Inga auristellae* (10,0).

Por otro lado, el número de esporas varió según especie y en que bloque se encuentren ubicados. Solo en *T. amarumayu* se observó un número de esporas ligeramente homogénea, entre 9,3 a 12,3 esporas. Mientras que en *I. alba* e *I. auristellae*, el número de esporas presente fue muy variable, con valores promedio altos (entre 14 a 15 esporas) y valores muy bajo (entre 3,8 y 7,8) (Figura 6, Figura 7, Figura 8 y Figura 9).

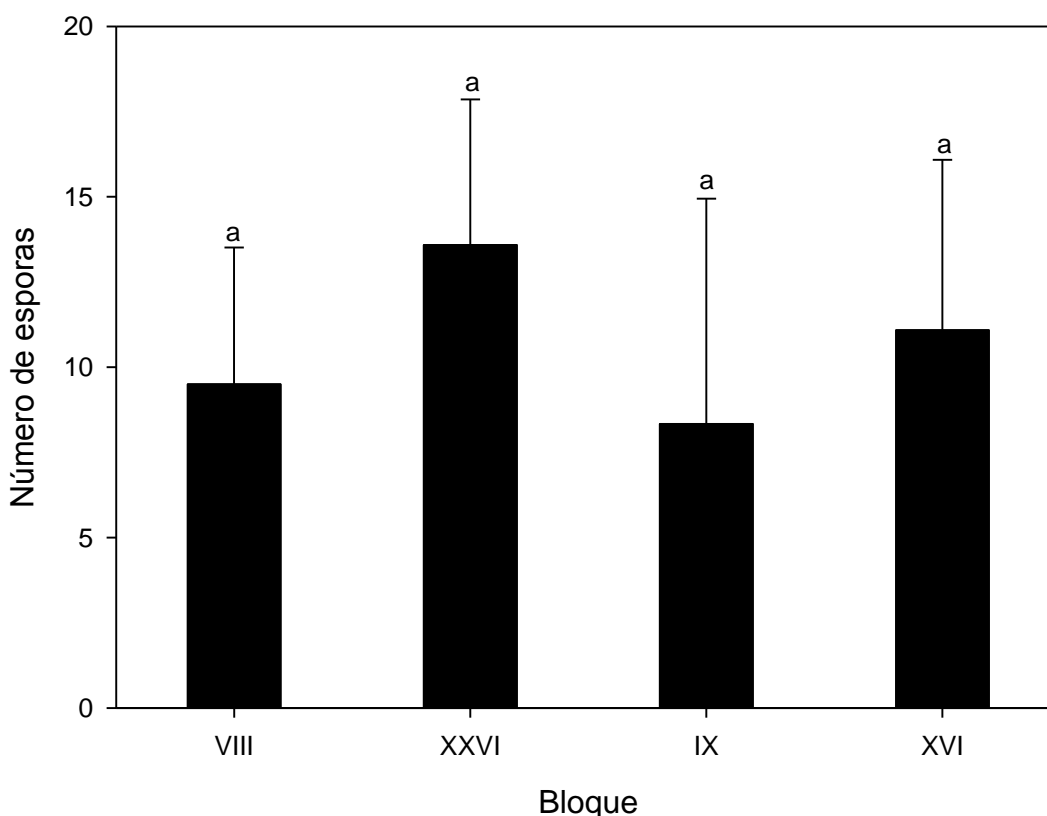


Figura 5. Gráfico de barras de la comparación del número de esporas encontradas en HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque VIII del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.

Comparando el número de esporas entre especies según bloque del Fundo el bosque, encontramos que *I. alba* presentó el mayor número de esporas de HMA en los bloques VIII y XXVI (Figura 6 y Figura 7). Mientras que *T. amarumayu* tuvo un mayor número de esporas solo en el bloque IX, aunque con una elevada variabilidad en los datos (Figura 8), en los demás bloques tuvo un valor intermedio de número



de esporas entre *I. alba* e *I. auristellae*. Por otro lado, *I. auristellae* tuvo la mayor variabilidad en el número de esporas de HMA presentes en sus raíces, y no se observó un patrón común entre bloques. Ya que *I. auristellae* tuvo el mayor número de esporas en el bloque XVI (Figura 9) que *I. alba* y *T. amarumayu*, mientras que en los bloques IX (Figura 8) y VIII (Figura 6) tuvo los valores más bajos.

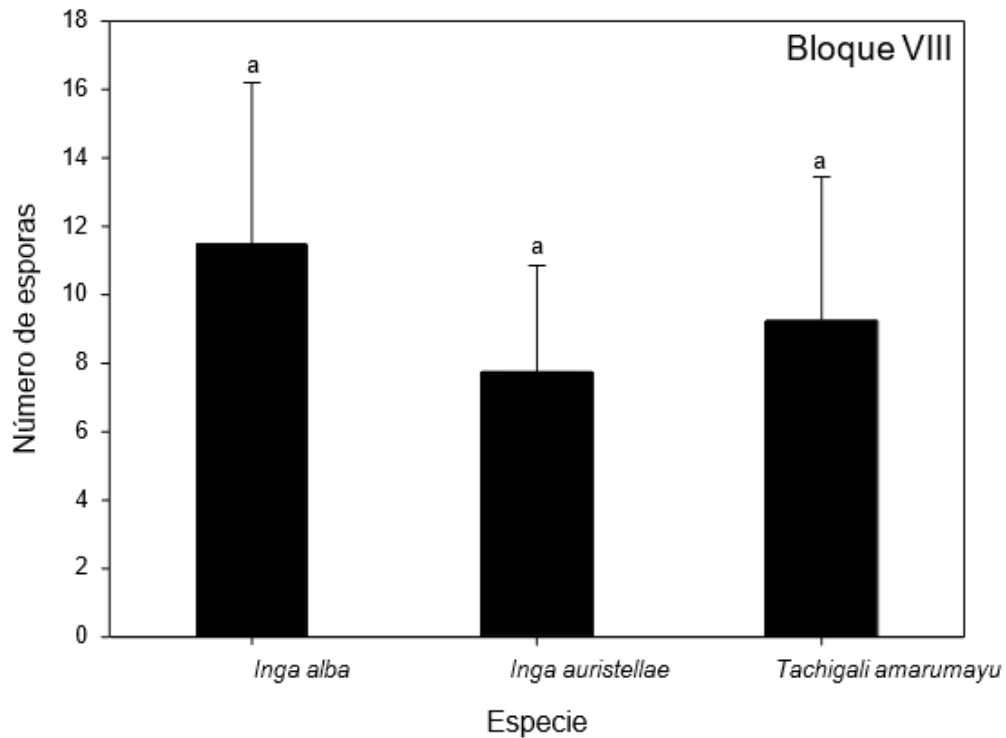


Figura 6. Gráfico de barras de la comparación del número de esporas encontradas en HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque VIII del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.

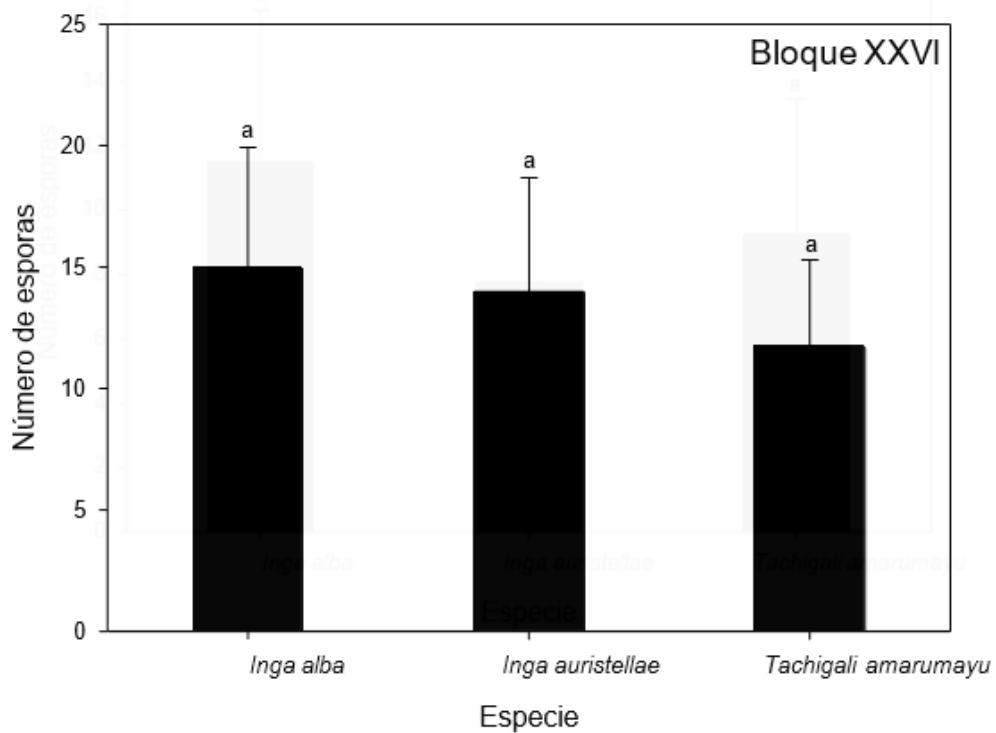


Figura 7. Gráfico de barras de la comparación del número de esporas encontradas en HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque XXVI del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.

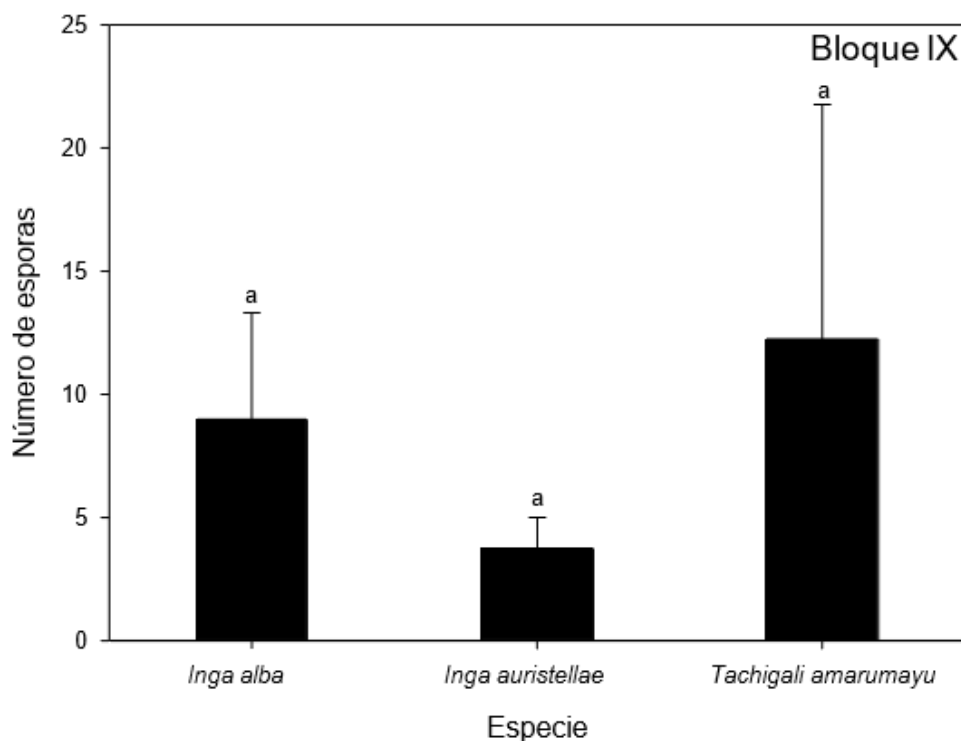


Figura 8. Gráfico de barras de la comparación del número de esporas encontradas en HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque IX del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.

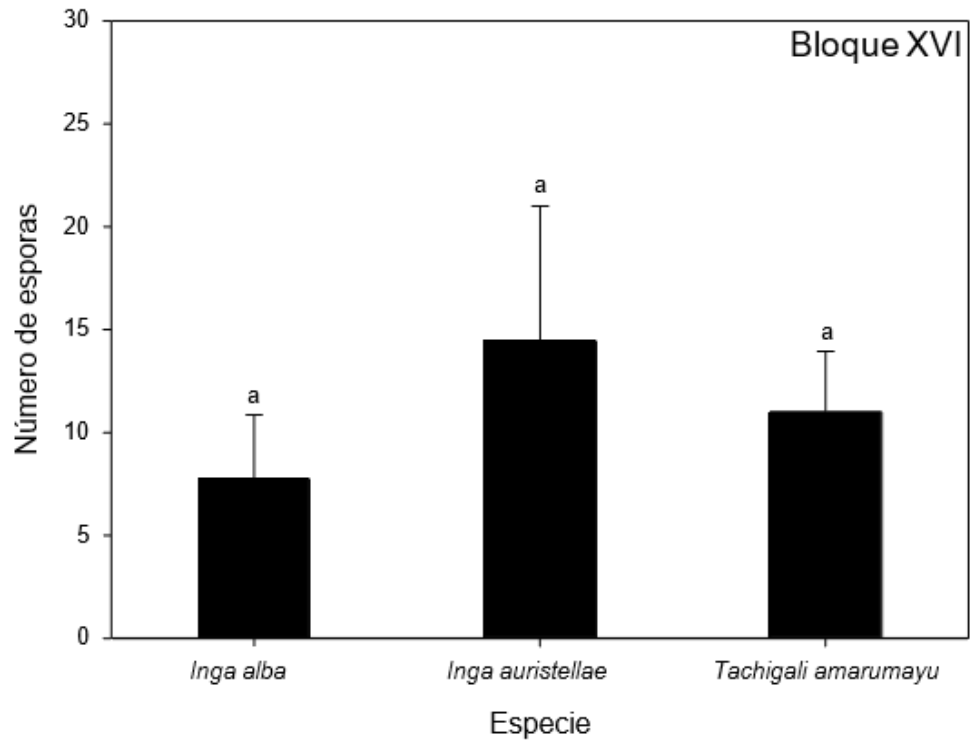
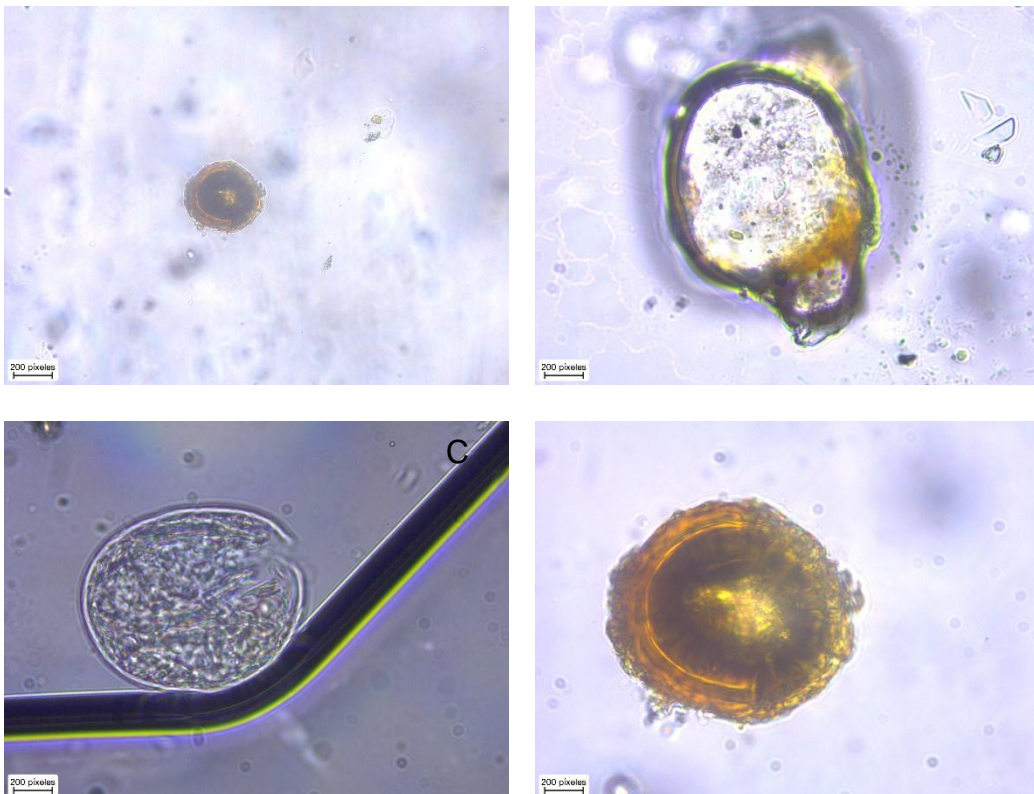
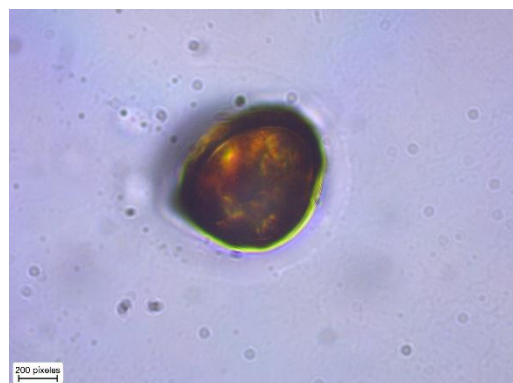
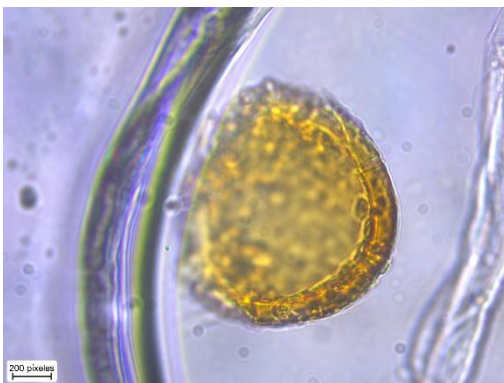
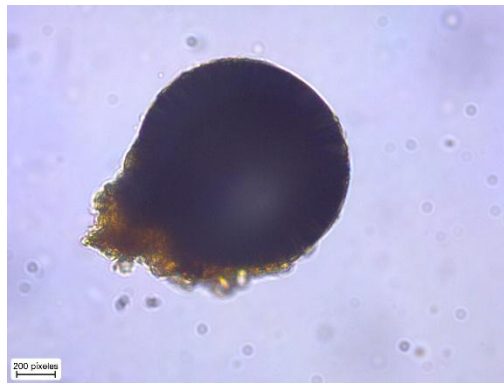
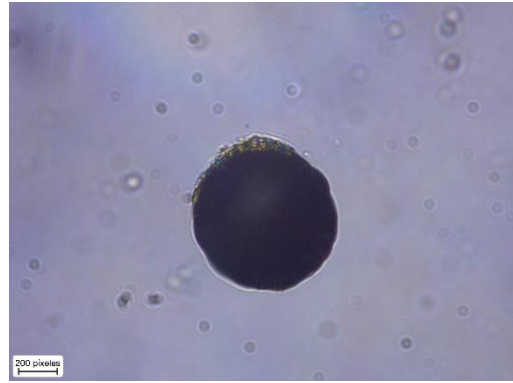
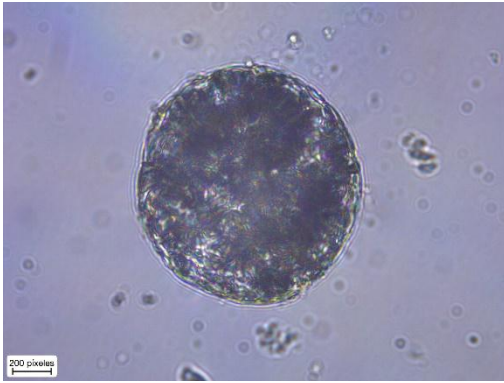
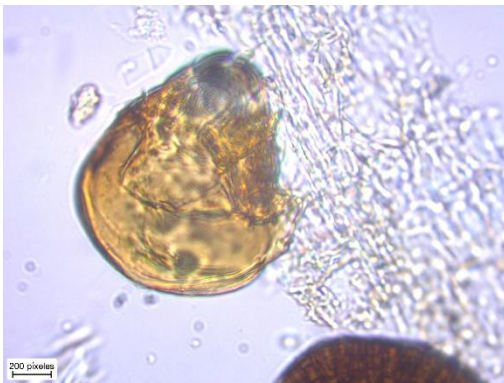
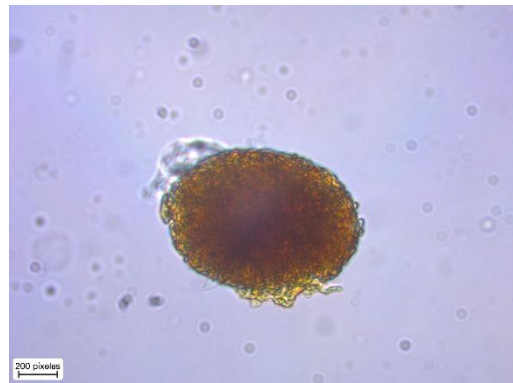
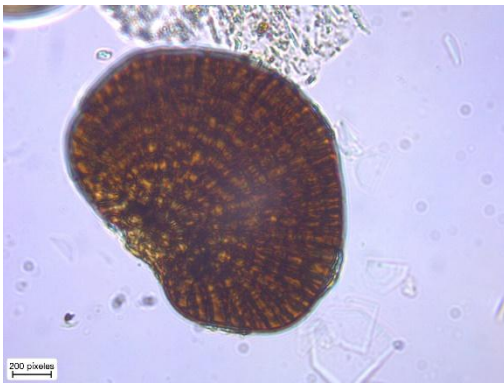
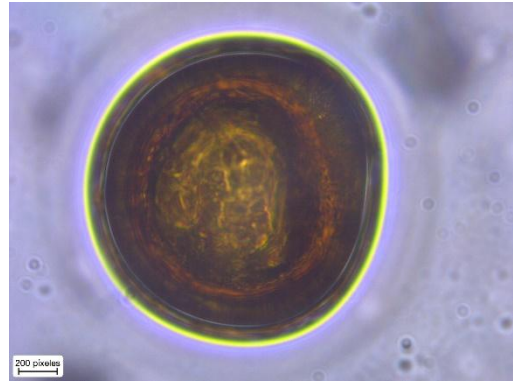
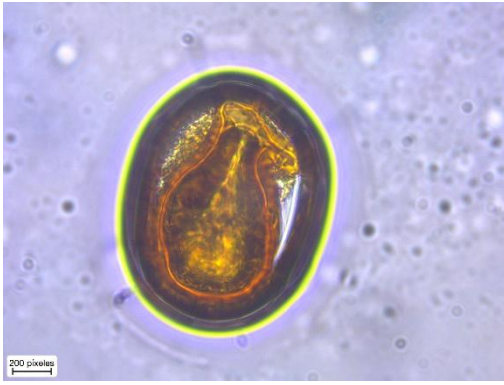


Figura 9. Gráfico de barras de la comparación del número de esporas encontradas en HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque XVI del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.







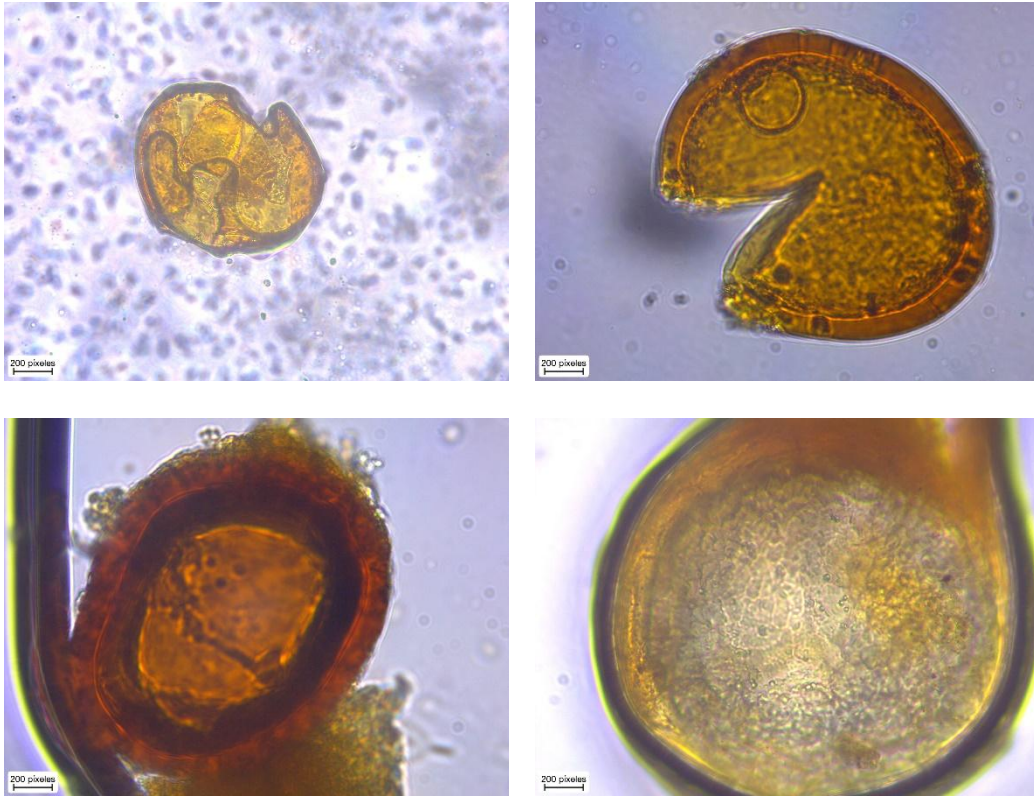
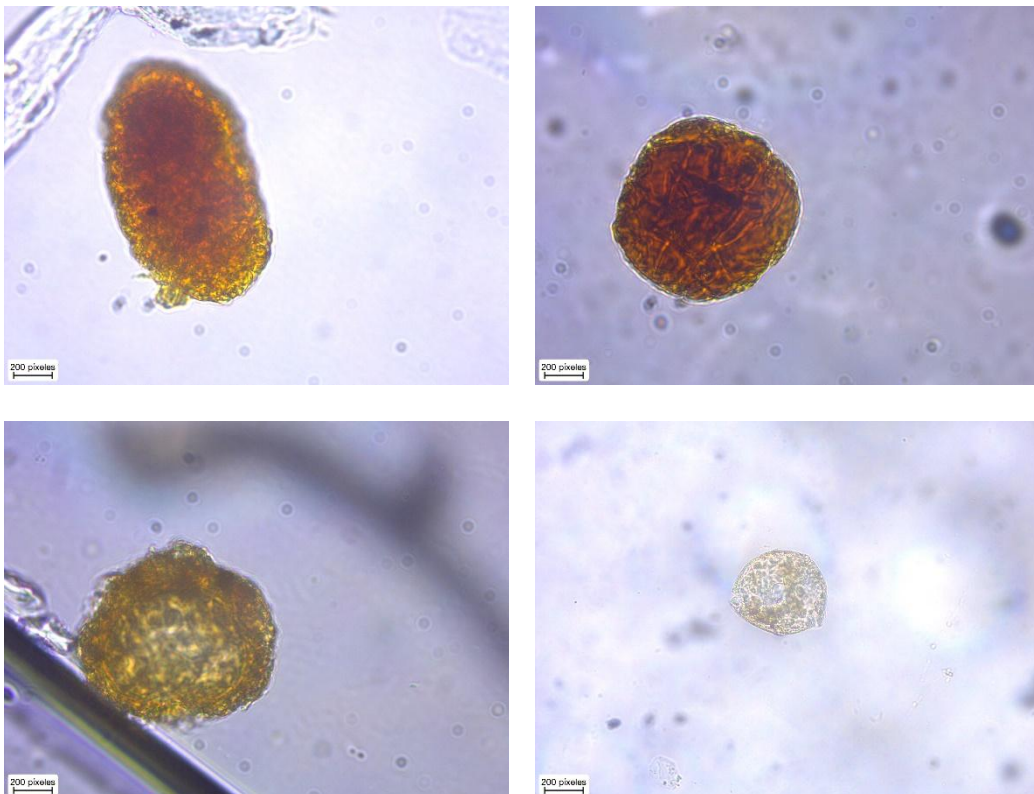
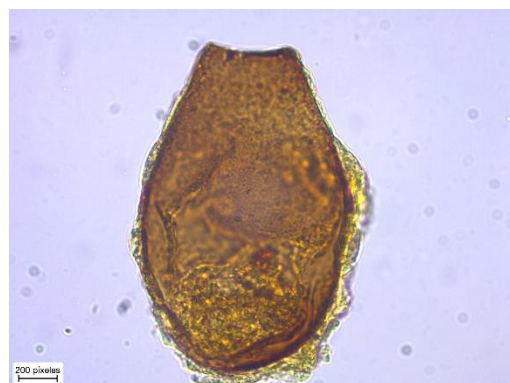
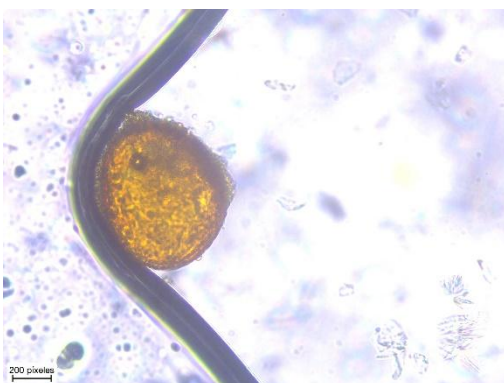
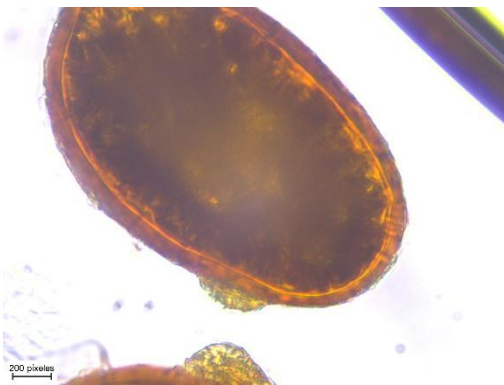
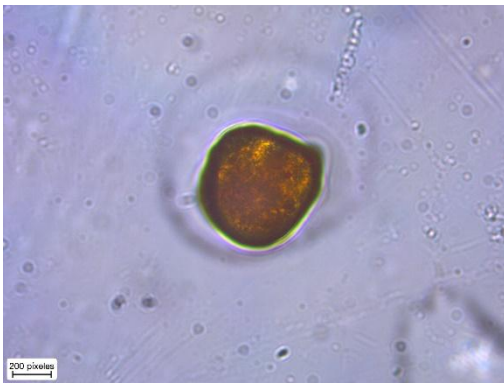
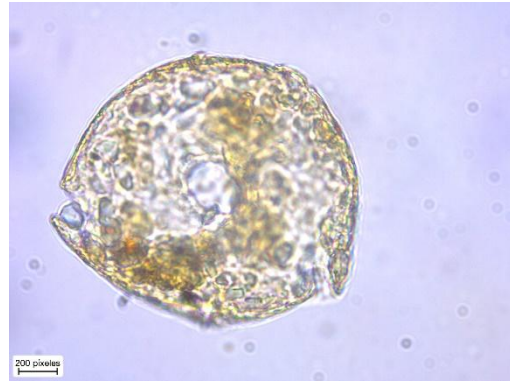
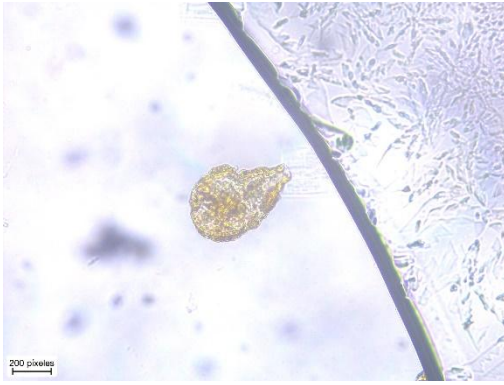


Figura 10. Esporas obtenidas en las muestras de suelos de la especie de Shimbillo (*Inga auristellae*).





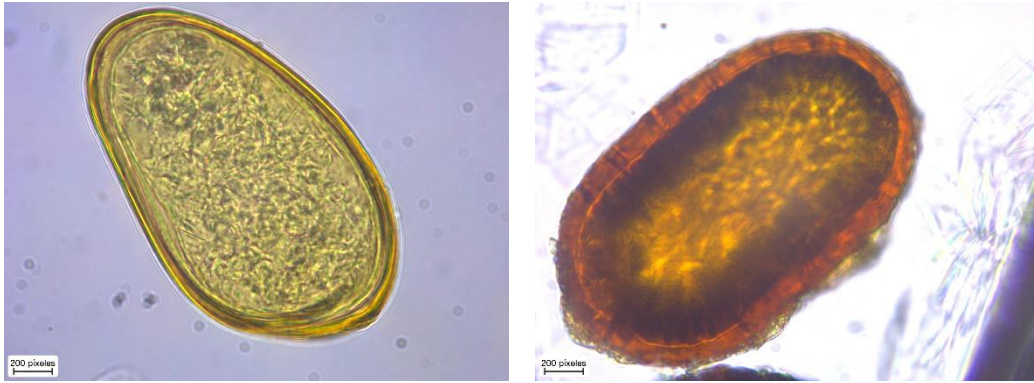
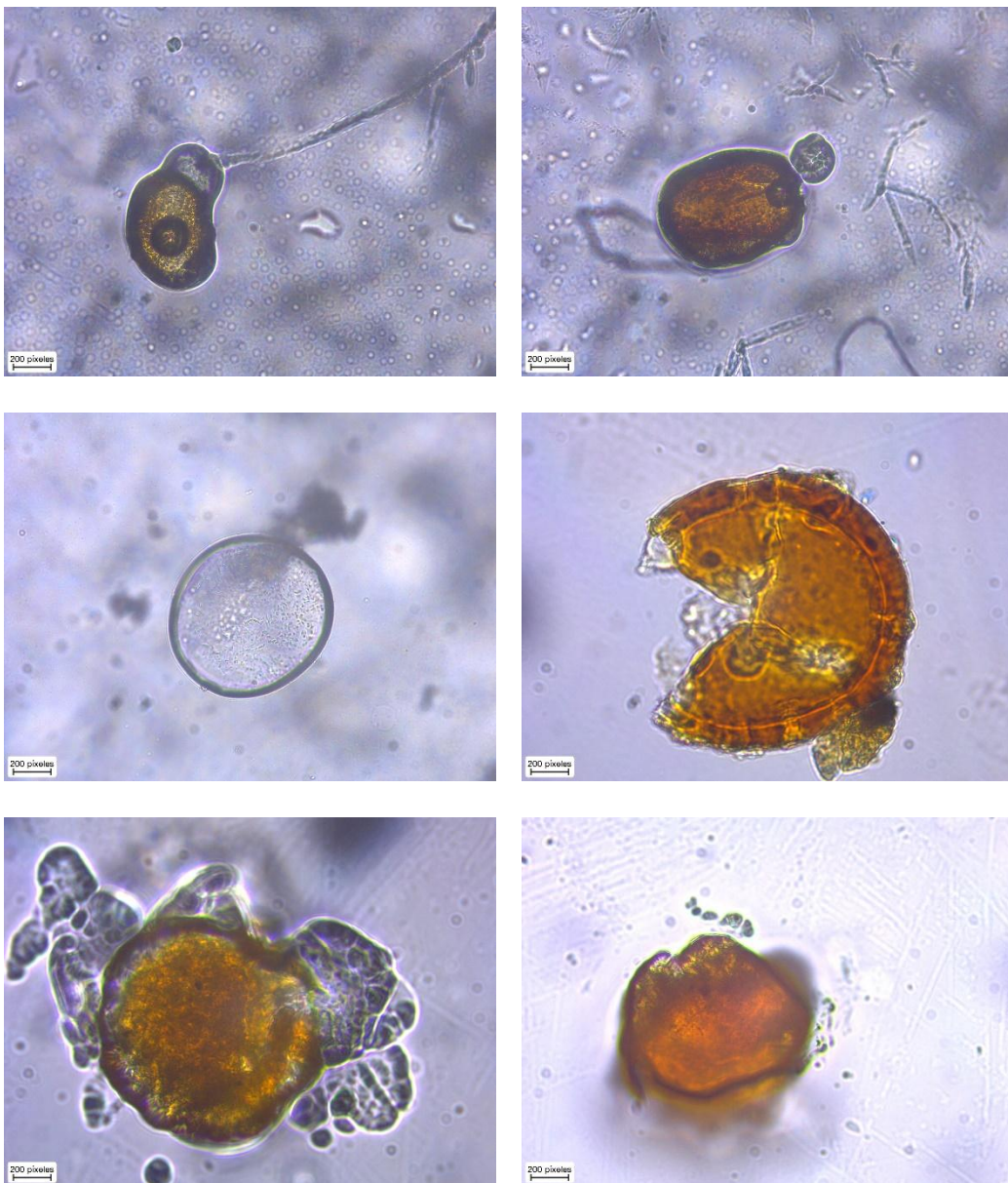
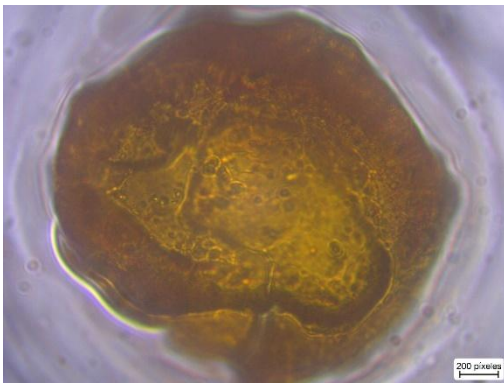
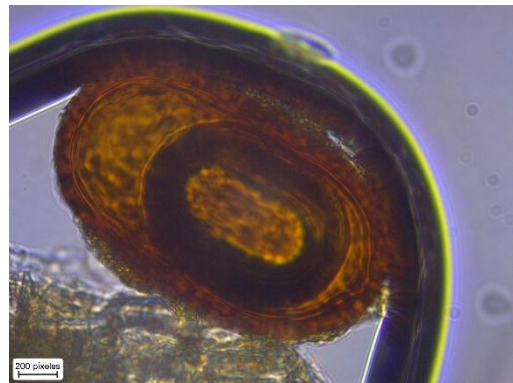
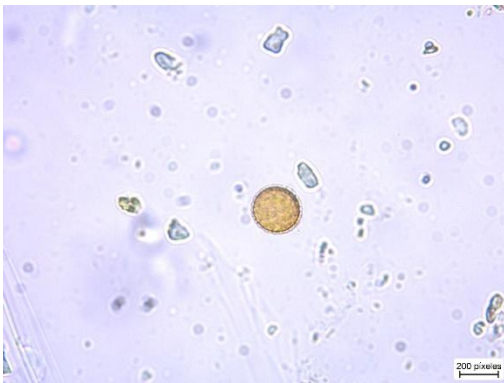
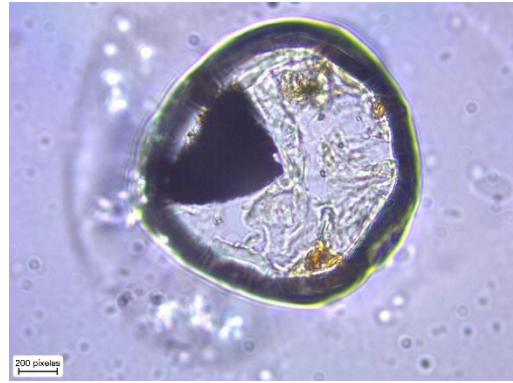
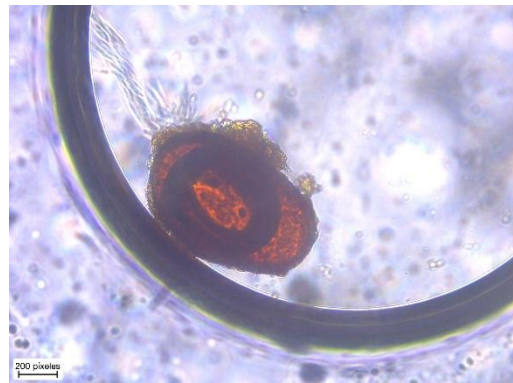
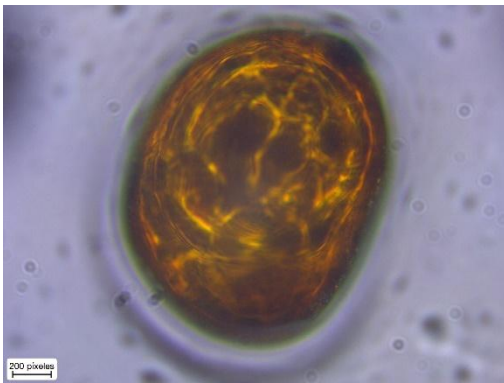


Figura 11. Esporas obtenidas en las muestras de suelos de la especie de Shimbillo colorado (Inga alba).









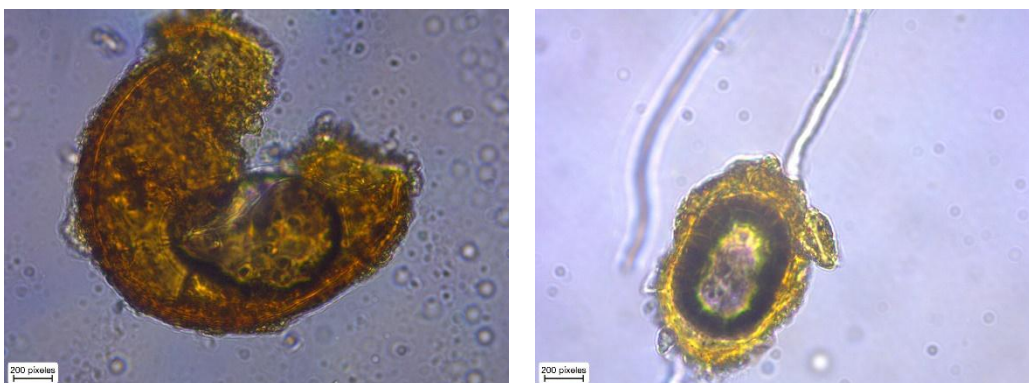


Figura 12. Esporas obtenidas en las muestras de suelos de la especie de Palo santo (Tachigali amarumayu).

## 4.2. Comparación de número y tipo de estructuras presente en hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en las raíces de tres especies de leguminosas

### 4.2.1. Número de vesículas en HMA

Los resultados del ANOVA mostraron que estadísticamente no se hallaron diferencias significativas en el número de vesículas en HMA entre especies ( $p = 0.068$ ), bloques ( $p = 0.103$ ) ni en la interacción entre estos factores ( $p = 0.076$ ) (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del número de vesículas de HMA presentes en tres especies de leguminosas en cuatro bloques del Fundo el Bosque Tambopata, Madre de Dios

Factor	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	100.2	11.0	9.1	2.3	0.031
Bloque	26.6	3.0	8.9	2.2	0.103
Especie	23.2	2.0	11.6	2.9	0.068
Bloque x Especie	50.5	6.0	8.4	2.1	0.076
Error	143.8	36.0	4.0		
Total	244.0	47.0			

Las diferencias no significativas en el número de vesículas en HMA entre bloques, especies y su interacción se corroboraron mediante el posthoc test Bonferroni. No se encontraron diferencias significativas entre bloques (Bonferroni;  $p$ -valor  $> 0,05$ ), especies (Bonferroni;  $p$ -valor  $> 0,05$ ) y la interacción de estas (Bonferroni;  $p$ -valor  $> 0,05$ ).

#### 4.2.2. Número de Arbúsculos en HMA

Los resultados del ANOVA mostraron que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de arbúsculos en HMA entre especies ( $p = 0.760$ ), bloques ( $p = 0.417$ ) ni en la interacción entre estos factores ( $p = 0.811$ ) (Tabla 5).

Tabla 5. *Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del número de arbúsculos de HMA presentes en tres especies de leguminosas en cuatro bloques del Fundo el Bosque Tambopata, Madre de Dios*

Factor	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.2	11	0.8	0.6	0.830
Bloque	4.2	3	1.4	1.0	0.417
Especie	0.8	2	0.4	0.3	0.760
Bloque x Especie	4.2	6	0.7	0.5	0.811
Error	51.5	36	1.4		
Total	60.7	47			

#### 4.2.3. Número de hifas en HMA

Los resultados del ANOVA mostraron que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de hifas en HMA entre especies ( $p = 0.908$ ), bloques ( $p = 0.053$ ) ni en la interacción entre estos factores ( $p = 0.397$ ) (Tabla 6).

Tabla 6. *Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del número de arbúsculos de HMA presentes en tres especies de leguminosas en cuatro bloques del Fundo el Bosque Tambopata, Madre de Dios*

Factor	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39.1	11	3.6	1.4	0.229
Bloque	21.9	3	7.3	2.8	0.053
Especie	0.5	2	0.3	0.1	0.908
Bloque x Especie	16.7	6	2.8	1.1	0.397
Error	93.3	36	2.6		
Total	132.3	47			

Las diferencias no significativas en el número de vesículas en HMA entre bloques, especies y su interacción se corroboraron mediante el posthoc test Bonferroni. No se encontraron diferencias significativas entre bloques (Bonferroni;  $p$ -valor  $> 0,05$ ), especies (Bonferroni;  $p$ -valor  $> 0,05$ ) y la interacción de estas (Bonferroni;  $p$ -valor  $> 0,05$ ).

#### 4.2.4. Comparación del número y tipo de estructuras presente en HMA en las raíces de tres especies de leguminosas

El grado y tipo de colonización de HMA en las raíces de las plantas evaluadas (vesículas, arbuscúlos e hifas) fue independiente del bloque (Tabla 7) evaluado y de la especie de leguminosa (Tabla 8), esto debido a que no encontramos diferencias significativas en el número de vesículas, arbuscúlos e hifas según bloque y especie (ANOVA,  $p > 0.05$ ).

Tabla 7. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del número de estructuras de HMA presentes en cuatro bloques del Fundo el Bosque Tambopata, Madre de Dios

Factor	Número de estructuras de HMA		
Bloque	Vesículas	Arbuscúlos	Hifas
VIII	5.4 ± 2.7	1.5 ± 0.9	2.8 ± 2.2
XXVI	3.8 ± 2.2	0.8 ± 1.0	1.4 ± 1.2
IX	5.0 ± 1.8	1.4 ± 1.2	1.1 ± 1.4
XVI	3.8 ± 2.1	1.6 ± 1.3	1.4 ± 1.2
ANOVA	F = 2.2; p = 0.103	F = 1.0; p = 0.417	F = 2.8; p = 0.053

Sin embargo, en *I. auristellae* se encontró un mayor número de vesículas. Mientras que el número de arbuscúlos fue superior en *T. amarumayu* y el número de hifas fue ligeramente superior en *I. alba* (Tabla 8 y Figura 13).

Tabla 8. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del número de estructuras de HMA presentes en raíces de tres especies de leguminosas del Fundo el Bosque Tambopata, Madre de Dios

Factor	Número de estructuras de HMA		
Especie	Vesículas	Arbuscúlos	Hifas
<i>Inga alba</i>	4.2 ± 2.2	1.2 ± 1.2	1.8 ± 1.5
<i>Inga auristellae</i>	5.4 ± 2.2	1.3 ± 1.3	1.7 ± 2.1
<i>Tachigali amarumayu</i>	3.8 ± 2.3	1.5 ± 1.0	1.6 ± 1.5
ANOVA	F = 2.9; p = 0.068	F = 0.3; p = 0.760	F = 0.1; p = 0.908

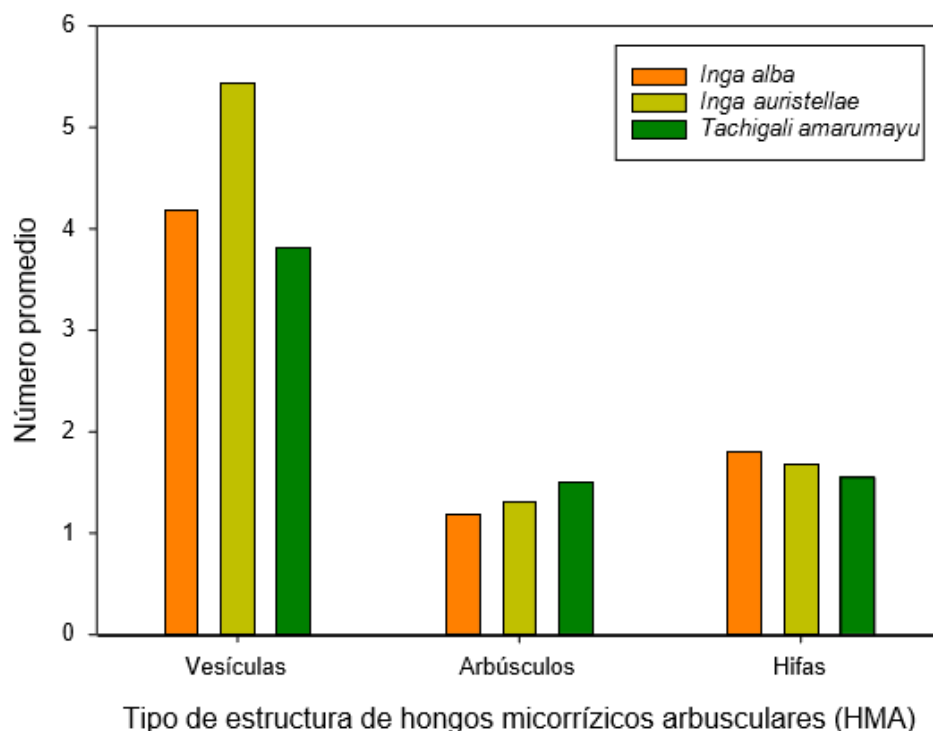


Figura 13. Gráfico de barras de la comparación del número de estructuras de HMA (vesículas, arbúsculos e hifas) de tres especies de leguminosas en cuatro bloques del Fundo el Bosque.

#### 4.3. Porcentaje de colonización micorrízica de HMA de tres especies de leguminosas

Previo al análisis de comparación del porcentaje de colonización de HMA entre las especies y los bloques se verificó el cumplimiento de la normalidad de los residuos y la homogeneidad de las varianzas. Se encontró que los datos cumplían con el supuesto de normalidad (Shapiro-Wilk,  $p$ -valor = 0,495 > 0,05) y homogeneidad de varianzas (Brown-Forsythe  $p$ -valor = 0,455 > 0,05). Debido a esto se utilizó el análisis de varianzas (ANOVA) para la comparación entre los grupos. Los resultados del ANOVA mostraron que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de colonización entre especies ( $p = 0.625$ ), bloques ( $p = 0.627$ ) ni en la interacción entre estos factores ( $p = 0.066$ ) (Tabla 9 y Figura 14).

Tabla 9. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del porcentaje de colonización de HMA presentes en tres especies de leguminosas en cuatro bloques del Fundo el Bosque Tambopata, Madre de Dios

	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1875.0	11.0	170.5	1.4	0.196
Bloque	208.3	3.0	69.4	0.6	0.627
Especie	112.5	2.0	56.3	0.5	0.625
Bloque x Especie	1554.2	6.0	259.0	2.2	0.066
Error	4250.0	36.0	118.1		
Total	6125.0	47.0			

Las diferencias no significativas en el número de vesículas en HMA entre bloques, especies y su interacción se corroboraron mediante el posthoc test Bonferroni. No se encontraron diferencias significativas entre bloques (Bonferroni; p-valor > 0,05), especies (Bonferroni; p-valor > 0,05) y la interacción de estas (Bonferroni; p-valor > 0,05).

El promedio de porcentaje de colonización de las HMA fue ligeramente homogéneo entre los bloques, entre 64 a 68% (Figura 14). En general, considerando a todas las leguminosas del estudio, se encontró un mayor porcentaje de colonización en HMA de *Inga auristellae* (68,1%), seguido por *Tachigali amarumayu* (66,3%), mientras que los valores más bajos se encontraron en *Inga alba* (64,4%); aunque estas diferencias no fueron significativas (Tabla 9).

Por otro lado, el porcentaje de colonización varió según especie y en que bloque se encuentren ubicados, además este fue muy variable entre una misma especie dependiendo del bloque donde se encuentre. El valor más alto de colonización se encontró en *I. auristellae* (75%) en el bloque VIII, mientras que los valores más bajos fueron de *T. amarumayu* e *I. alba* (< 60%) (Figuras 14, 15, 16,17 y 18).

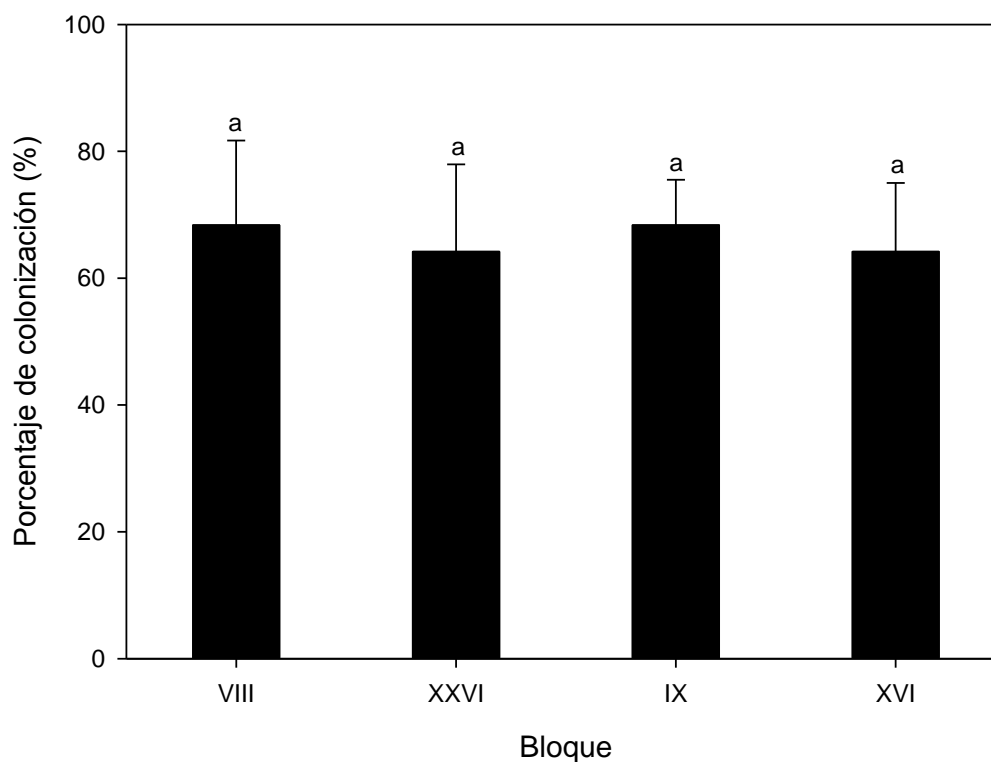


Figura 14. Gráfico de barras de la comparación del porcentaje de colonización de HMA de tres especies de leguminosas en cuatro bloques del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.

Por otro lado, se encontró que *I. alba* tuvo un menor porcentaje de colonización en el bloque XXVI (Figura 16) que en *I. auristellae* y *T. amarumayu*, mientras que en los demás bloques tuvo un porcentaje intermedio. Mientras que *I. auristellae* tuvo el mayor porcentaje de colonización en los bloques VIII (Figura 15) y XXVI (Figura 16). *T. amarumayu* tuvo el porcentaje de colonización más bajo en el bloque VIII (Figura 15), mientras que en los bloques IX (Figura 17) y XVI (Figura 18) tuvo los porcentajes de colonización más altos.



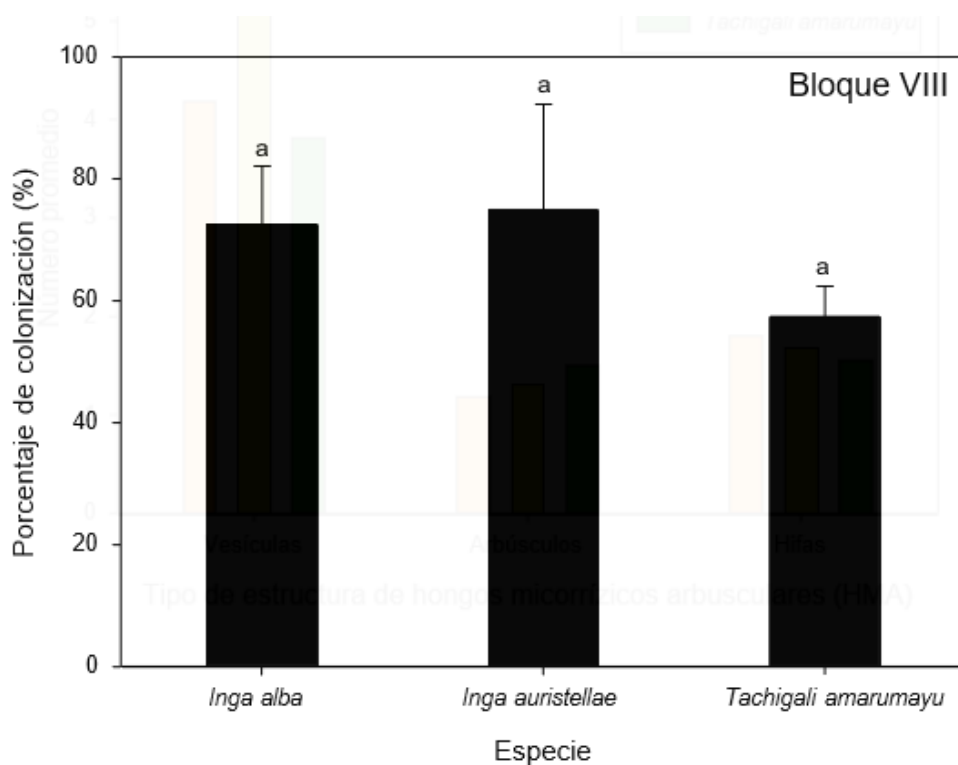


Figura 15. Gráfico de barras de la comparación del porcentaje de colonización de las HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque VIII del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.

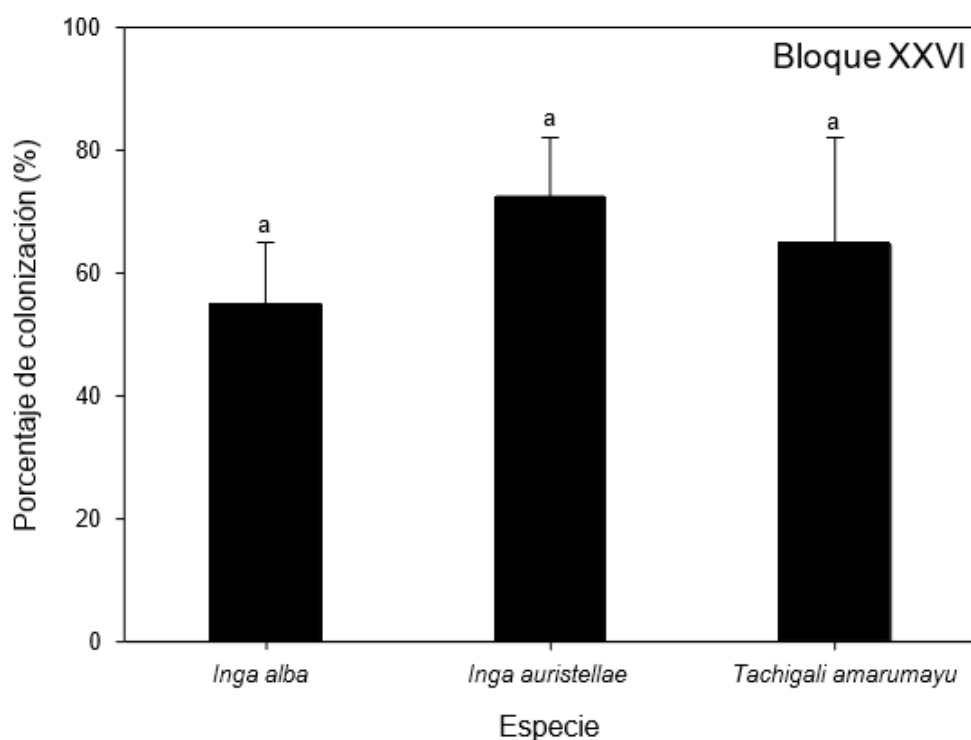


Figura 16. Gráfico de barras de la comparación del porcentaje de colonización de las HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque XXVI del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.

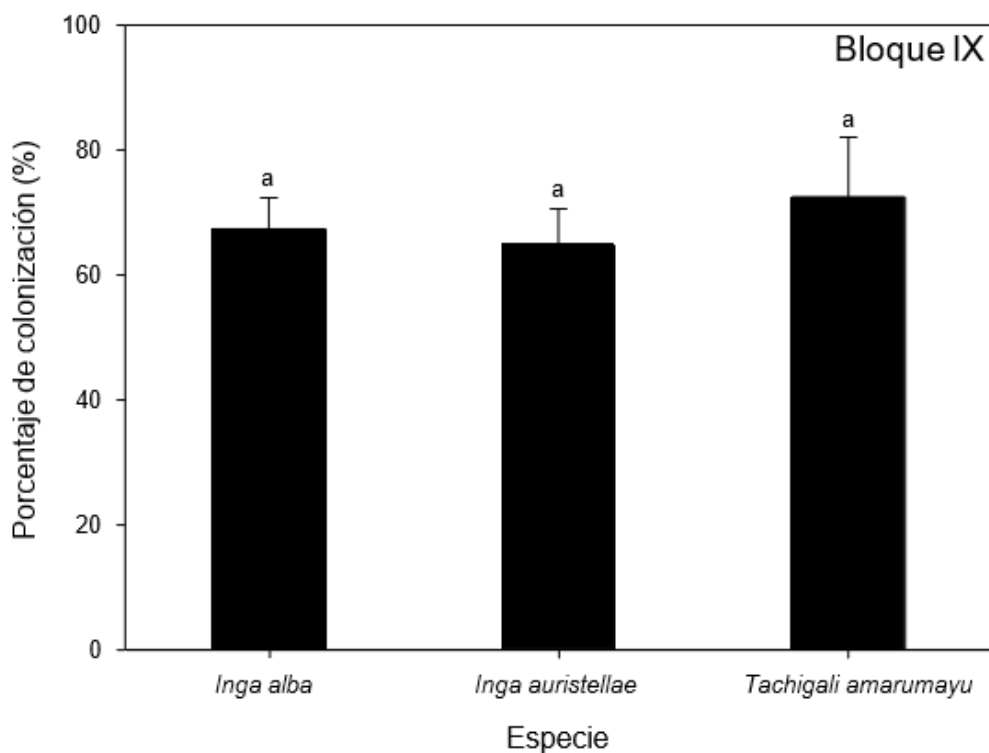


Figura 17. Gráfico de barras de la comparación del porcentaje de colonización de las HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque IX del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.

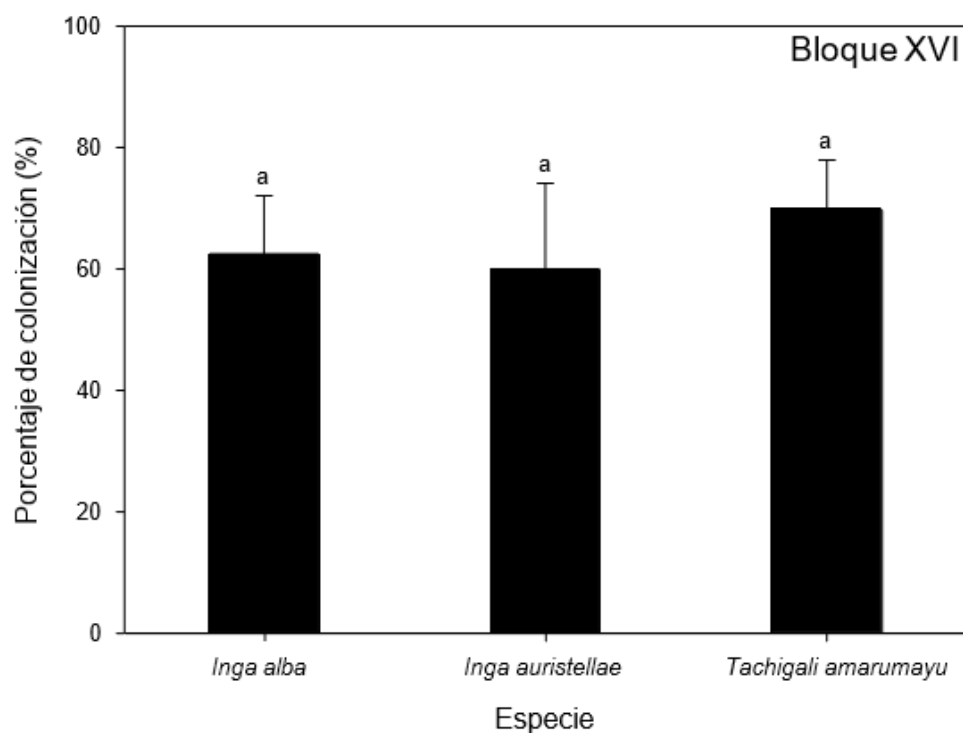


Figura 18. Gráfico de barras de la comparación del porcentaje de colonización de las HMA de tres especies de leguminosas en el Bloque XVI del Fundo el Bosque. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el ANOVA.

## DISCUSIONES

LA EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE ESPORAS DE HMA y su colonización tuvo un impacto multidimensional, desde el avance del conocimiento científico, como el entendimiento ecológico, las interacciones suelo-especie hasta la promoción de prácticas sociales responsables y sostenibles, como practica y uso en la agricultura sostenible, la conservación de recursos naturales y la educación y conciencia ambiental.

En *T. amarumayu*, el número de esporas fue relativamente homogéneo, con un rango de 9,3 a 12,3 esporas. En contraste, en *I. alba* e *I. auristellae*, el número de esporas fue muy variable, con valores promedio altos entre 14 y 15 esporas, y valores muy bajos entre 3,8 y 7,8 esporas. A diferencia de la investigación de Lopez y Peña, (2018), donde el obtuvo en el estado sucesional con el mayor número promedio de esporas fue el estado maduro (V) con 20 esporas por gramo. Los estados pionero (I) e intermedio tardío (IV) tuvieron un promedio inferior de 15 esporas por gramo. El estado intermedio temprano (II) registró el menor número de esporas, con solo 4 esporas por gramo.

En Argentina por parte de Cofré et al. (2019), su investigación también ha subrayado la diversidad y función ecológica de estos hongos, se ha observado que los sistemas agrícolas sin labranza promueven la diversidad de HMA, lo cual es beneficioso para la sostenibilidad del suelo.

Se obtuvo que en *I. auristellae* tenía un mayor número de vesículas, *T. amarumayu* presentó un mayor número de arbusculos y *I. alba* mostró un número ligeramente superior de hifas, por lo cual hubo una presencia mayo de vesículas en las raíces a diferencia de arbusculos e hifas, por otro lado, en la investigación de Mosquera et al. (2023) fue lo contrario donde se obtuvo más presencia de hifas y arbusculos y de menor presencia en vesículas.

El porcentaje de colonización micorrízica fue ligeramente homogéneo entre los bloques, oscilando entre 64% y 68%. Sin embargo, al considerar todas las leguminosas del estudio, se encontró que *Inga auristellae* tuvo el mayor porcentaje

de colonización (68,1%), seguida por *Tachigali amarumayu* (66,3%), mientras que *Inga alba* presentó los valores más bajos (64,4%). De acuerdo con la investigación de Ruiz y B. (2005). la colonización de hongos micorrícicos arbusculares es alta en la mayoría de los árboles en los barbechos de bosque secundario en la Amazonía peruana, pero es menor en especies con pelos radiculares largos. Por otro lado, los patrones de la de colonización micorrícica varían ampliamente entre las especies de plantas evaluadas. Se pueden establecer asociaciones preferenciales entre especies de hongos micorrícicos arbusculares (MA) y plantas mediante la detección de ciertas estructuras morfológicas específicas de cada especie de hongo MA en las raíces de las plantas.

En años recientes Wang et al. (2019), la investigación sobre los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en bosques ha mostrado avances significativos. Un estudio en China reveló que los HMA están presentes en las raíces de varias especies de árboles en bosques plantados, y su colonización está fuertemente influenciada por condiciones del suelo, como la humedad y el contenido de materia orgánica

En México Rodríguez et al. (2014), por ejemplo, estudios realizados en Veracruz con *Swietenia macrophylla* (caoba) han demostrado que los HMA mejoran significativamente la colonización de las raíces de los árboles, lo que favorece su crecimiento y resiliencia, especialmente en condiciones de suelos pobres en nutrientes.

## CONCLUSIONES

En el estudio se observó que el bloque XXVI presentó el mayor número promedio de esporas por árbol de leguminosa, mientras que los bloques IX y VIII tuvieron los números de esporas más bajos. Específicamente, *Tachigali amarumayu* registró el mayor número de esporas en comparación con otras especies. Además, se encontró que el número de esporas varía según la especie y el bloque en el que se encuentren. En *T. amarumayu*, el número de esporas fue relativamente homogéneo, con un rango de 9,3 a 12,3 esporas. En contraste, en *I. alba* e *I. auristellae*, el número de esporas fue muy variable, con valores promedio altos entre 14 y 15 esporas, y valores muy bajos entre 3,8 y 7,8 esporas.

En la comparación del número y tipo de estructuras de hongos micorrícicos arbusculares en las raíces de las tres leguminosas, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, se observó que *I. auristellae* tenía un mayor número de vesículas, *T. amarumayu* presentó un mayor número de arbusculos y *I. alba* mostró un número ligeramente superior de hifas.

El promedio de porcentaje de colonización de las HMA fue ligeramente homogéneo entre los bloques, oscilando entre 64% y 68%. Sin embargo, al considerar todas las leguminosas del estudio, se encontró que *Inga auristellae* tuvo el mayor porcentaje de colonización (68,1%), seguida por *Tachigali amarumayu* (66,3%), mientras que *Inga alba* presentó los valores más bajos (64,4%). El porcentaje de colonización varió según la especie y el bloque en que se encontraban, mostrando una gran variabilidad incluso dentro de la misma especie en diferentes bloques. El valor más alto de colonización fue observado en *I. auristellae* en el bloque VIII con un 75%.

## SUGERENCIAS

Para obtener una comprensión más completa del papel de los hongos micorrízicos arbusculares (AMF) en diversos ecosistemas, se recomienda tomar muestras de esporas en dos épocas diferentes del año. Esto permitirá una comparación más detallada de la abundancia de esporas en las diferentes especies vegetales utilizadas en el estudio, así como una evaluación de la variación estacional en la colonización micorrízica. La estacionalidad puede influir en factores como la temperatura, la humedad y la disponibilidad de nutrientes, los cuales son cruciales para la formación y dispersión de esporas, así como para la interacción micorrízica. Estos datos son esenciales para entender cómo las dinámicas estacionales afectan la relación simbiótica entre las plantas y los AMF, especialmente en contextos donde la sostenibilidad del ecosistema depende en gran medida de estas interacciones.

Además, se considera vital realizar más investigaciones sobre la interacción de los AMF con especies de rápido crecimiento que han sido introducidas en áreas degradadas. Estas especies, que a menudo se utilizan en proyectos de restauración ecológica, pueden beneficiarse significativamente de las asociaciones con los AMF, lo que podría mejorar su tasa de supervivencia y crecimiento en suelos empobrecidos. Sin embargo, es crucial entender cómo estas interacciones varían en función de las condiciones específicas del sitio, como el tipo de suelo y el clima, para maximizar el éxito de los esfuerzos de reforestación.

Finalmente, es de suma importancia llevar a cabo estudios detallados sobre los componentes físicos y químicos del suelo que afectan tanto la diversidad de esporas como la colonización micorrízica. Factores como la textura del suelo, el pH, el contenido de materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes pueden influir significativamente en la estructura y función de las comunidades de HMA. Comprender estos factores permitirá diseñar estrategias de manejo del suelo que favorezcan la formación de asociaciones micorrízicas eficaces, lo cual es esencial para la restauración y mantenimiento de ecosistemas saludables.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J.L., 2012. Hipótesis, Método y Diseño De Investigación. *Daena: International Journal of Good Conscience*, vol. 7, no. 2, pp. 187-197.
- ABDELNOUR, A., VALVERDE, L., Y AGUILAR, M. 2004. Micropropagación de tres especies maderables de importancia económica y ecológica para Costa Rica. 44.
- ACOSTA, D. ,2019. Aplicación de hongos micorrízicos arbusculares en la producción de plantas de selva baja caducifolia con fines de reforestación. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 123.
- AGUILAR, M., LÉON, G., y MEJÍA, F., 2021. Botánica aplicada: Fabaceae.
- AGUILAR-ULLOA, W; ARCE-ACUÑA, P; GALIANO-MURILLO, F; TORRESCRUZ, T., 2015. Aislamiento de esporas y evaluación de métodos de inoculación en la producción de micorrizas en cultivos trampa. *Tecnología en Marcha. Edición Especial Biocontrol*. Pág 5-14.
- ARES, A. y PEINEMANN, N., 1992. Fine-root distribution of coniferous plantations in relation to site in southern Buenos Aires, Argentina. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 22, no. 11, pp. 1575-1582. ISSN 00455067. DOI 10.1139/x92-209.
- AREVALO-HERNADEZ, C., 2016. *Prospección de la densidad de esporas y colonización de micorrizas en cacao silvestre de Ucayali y Madre de Dios*. S.l.: universidad Nacional Agraria la Molina.
- ASTIER-CALDERÓN, M., MAASS-MORENO, M. y ETCHEVERS-BARRA, J., 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*, vol. 36, no. 5, pp. 605-620.
- BAREA, J.M., AZCÓN, R. y AZCÓN-AGUILAR, C., 2002. Mycorrhizosphere Interactions to improve plant fitness and soil quality. *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*, vol. 81, no. 1-4, pp. 343-351. ISSN 00036072. DOI 10.1023/A:1020588701325.
- BEAUREGARD, S., C. HAMEL, M., ARNAUD, 2008. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Communities in Major Intensive North America Grain Productions.

- Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and forestry, pp. 135-150.
- BEGUM, N., C. QIN, M.A. AHANGER, S. RAZA, M.I. KHAN, M. ASHRAF, N. AHMED, L. ZHANG, 2019. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. *Frontiers in Plant Science* 10: 1068. Doi: 10.3389/fpls.2019.01068
- BLANCO, F.A. y SALAS, E.A., 1997. Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en costa rica. *Agronomía Costarricense*, vol. 21, no. 1, pp. 55-67.
- BRUNDRETT, M.C., 2009 Mycorrhizal Associations and Other Means of Nutrition of Vascular Plants: Understanding the Global Diversity of Host Plants by Resolving Conflicting Information and Developing Reliable Means of Diagnosis. *Plant Soil*, 320, 37-77. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-008-9877-9>
- CAFFO M. R. 2018. Estudio Biosistemático de la Familia Fabaceae del distrito de Torata, Moquegua. *Revista Ciencia y Desarrollo*, (16), 7-15.
- COFRÉ, N., SOTERAS, F., DEL ROSARIO IGLESIAS, M., VELÁZQUEZ, S., ABARCA, C., RISIO, L., ONTIVERO, E., CABELLO, M., DOMÍNGUEZ, L., LUGO, M., & PAGANO, M. 2019. Biodiversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in South America: A Review. In M. Lugo, *Mycorrhizal Fungi in South America* (pág. 49). Springer International Publishing.
- CORVERA, R., 2010. *La Castaña Amazónica (Bertholletia excelsa) Manual del Cultivo*. Puerto Maldonado: s.n.
- COSSÍO-SOLANO, R., GUARIGUATA, M., MENTON, M., CAPELLA, J. L., RÍOS, L., y PEÑA, P., 2011. El aprovechamiento de madera en las concesiones castañeras (*Bertholletia excelsa*) en Madre de Dios, Perú. Documento de trabajo 60. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research.
- DEY, M., y GHOSH, S., 2022. Arbuscular mycorrhizae in plant immunity and crop pathogen control. *Rhizosphere*, 22.
- DIAZ, M. 2022. Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en plantaciones de café y bosques de San Martín, Perú. 98.
- FABRICIO MEZA, B., EDUARDO DÍAZ, O., HAROLD ESCOBAR, T.,



- PINARGOTE, C.B., JESICA CACHIPUENDO, C., GARY MEZA, B., FRANCEL LÓPEZ, M., CARLOS MEZA, B., JESSICA MEZA, B., JUDITH CACHIPUENDO, C. y RODRIGO CABRERA, V., 2017. Identification of arbuscular mycorrhizal fungi in Melina (*Gmelina arborea* ROXB) plantations in the Ecuadorian humid tropics. S.l.: s.n.
- FLORES, E., 2013. *La planta, estructura y función*. S.l.: s.n. ISBN 9789977662541.
- GARZÓN, L.P., 2016. Importancia de las micorrizas arbusculares (ma) para un uso sostenible del suelo en la Amazonia Colombiana. *Luna Azul*, no. 42, pp. 217-234. DOI 10.17151/luaz.2016.42.14.
- GERDEMANN, J.W. y NICOLSON, T.H., 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, vol. 46, no. 2, pp. 235-244. ISSN 00071536. DOI 10.1016/s0007-1536(63)80079-0.
- GIRALDO, K. J. R., CORREA, M. I. M., JARAMILLO, P. H., GUTIÉRREZ, L. A., y GUZMÁN, L. P. M., 201). *Characterization of arbuscular mycorrhizal fungi of livestock soils in tropical lowlands and tropical highlands in the department of Antioquia, Colombia*. *Idesia*, 37(1), 35– 44. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019005000301>
- HILLEL, D., 2003. *Introduction to Environmental Soil Physics*. S.l.: s.n. ISBN 9780123486554.
- IVAM, 2017. (International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi) Arbuscular mycorrhizal fungi. *Universidad de Virginia Occidental*. *West Virginia University* [in line]. Disponible en: <http://fungi.invam.wvu.edu/the-fungi/species-descriptions.html>.
- JIMÉNEZ, A.H., DÍAZ, M.M., RODRÍGUEZ, A.C., GARCÍA, M.O.A., BENÍTEZ, Y.B., VARGAS, D. y BERNAL, A., 2013. Degradación De Los Suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus Indicadores De La Llanura Roja De La Habana. *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 3, pp. 45-51. ISSN0258-5936.
- JOBIM, K., BŁASZKOWSKI, J., NIEZGODA, P., KOZŁOWSKA, A., ZUBEK, S., MLECZKO, P., CHACHUŁA, P., ISHIKAWA, N.K. y GOTO, B.T., 2019. New sporocarpic taxa in the phylum Glomeromycota:

- Sclerocarpum amazonicum* gen. et sp. nov. In the family Glomeraceae (Glomerales) and *Diversispora sporocarpia* sp. nov. In the Diversisporaceae (Diversisporales). *Mycological Progress*, vol. 18, no. 3, pp. 369-384. ISSN 18618952. DOI 10.1007/s11557-018-01462-2.
- KOSKE, R.E. y GEMMA, J.N., 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research*, vol. 92, no. 4, pp. 486-488. ISSN 09537562. DOI 10.1016/S0953-7562(89)80195-9.
- LAMAS F. Y ACEDO C. 2016. Las leguminosas (Leguminosae o Fabaceae): una síntesis de las clasificaciones, taxonomía y filogenia de la familia a lo largo del tiempo. *Anbiociencias Revista de Divulgación Científica*. En: <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/7421/2%20-%20A%20Fondo.pdf?sequence=1>
- LOPEZ, F., & PEÑA, D., 2018. Presencia de esporas de hongos micorrízico arbusculares en cinco estados sucesionales de bosque altoandino colombiano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13. <https://doi.org/10.22490/21456453.2194>
- MALATE, J.Y., 2017. Importância Dos Recursos Florestais Na Comunidade De Combo mune Distrito De Mabalane. *Procedi-nos CLME2017/VCEM. 8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia / V Congresso de Engenharia de Moçambique*. pp. 903-904.
- MEDINA, L., RODRÍGUEZ, Y., TORRES, Y. y HERRERA, R., 2010. Aislamiento e identificación de hongos micorrízicos arbusculares nativos de la zona de las caobas, Holguín. *Cultivos Tropicales*, vol. 31, no. 3, pp. 00-00. ISSN 0258-5936.
- MEDINA, V. ,2017. Biogeografía de hongos micorrízicos arbusculares(HMA) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la región San Martín, Perú. 126.
- MIRANDA, L., 2013. *Monitoreo de la deforestación mediante técnicas geomáticas en una porción de México la region Centro- Norte de*. S.l.: Universidad Autonoma de Nuevo Leon.
- MOLINA, D., AMEZQUITA, E. y PHANOR HOYOS, G., 2003. Construcción

de capas arables en suelos Oxisoles de la Altillanura colombiana. *Evaluación de parámetros y procesos hidrológicos en el suelo. VII Escuela Latinoamericana de Física de Suelos. La Serena, Chile, 2003*[en línea], pp. 113-117. Disponible en: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/capas.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/capas.pdf).

MOSQUERA, R., VALOIS, H., & VASCO, A., 2023. Rol de los hongos micorrízicos arbusculares durante la sucesión natural de áreas impactadas por minería en un bosque pluvial tropical del Chocó, Colombia. *BOSQUE*, 3, 617-627. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002023000300617>

MUKERJI, K. CHAMOLA, B. y SINGH, J., 2000. Mycorrhizal biology. Kluwer Academic Plenum Publishers. New York: USA, 336p.

NIWA, R., T. KOYAMA, T. SATO, 2018. Dissection of Niche Competition between introduced and indigenous arbuscular mycorrhizal fungi with respect to soybean yield responses. *Scientific Reports* pp. 1-11. Doi: 10.1038/s41598-018-25701-4oa?id=2130/213029410012

OEHL, F., SILVA, G.A. da, GOTO, B.T. y SIEVERDING, E., 2011.

Glomeromycota: Three new species of genera and glomoids reorganized. *Mycotaxon*, no. 116, pp. 75-120.

PAN, Y., BIRDSEY, R.A., FANG, J., HOUGHTON, R., KAUPPI, P.E., KURZ, W.A., PHILLIPS, O.L., SHVIDENKO, A., LEWIS, S.L., CANADELL, J.G., CIAIS, P., JACKSON, R.B., PACALA, S.W., MCGUIRE, A.D., PIAO, S., RAUTIAINEN, A., SITCH, S. y HAYES, D., 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, vol. 333, no. 6045, pp. 988-993. ISSN 00368075. DOI 10.1126/science.1201609.

PÉREZ, A. y VERTEL, M.M., 2010. Evaluación de la colonización de micorrizas arbusculares en pasto *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus. *Revista MVZ Cordoba*, vol. 15, no. 3, pp. 2165-2174. ISSN 19090544. DOI 10.21897/rmvz.303.

PHILLIPS, J.M. y HAYMAN, D.S., 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for

- rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, vol. 55, no. 1, pp. 158-188. ISSN 00071536. DOI 10.1016/s0007-1536(70)80110-3.
- PRIETO-BENAVIDES, O.O., BLEZACA-PINARGOTE, C.E., MORA-SILVA, W.F., GARCÉS-FIALLOS, F.R., SABANDO-ÁVILA, F.A. y CEDEÑO-LOJA, P.E., 2012. Identificación de hongos micorrízicos arbusculares en sistemas agroforestales con cacao en el trópico húmedo ecuatoriano. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 23, no. 2, pp. 233. ISSN 1021-7444. DOI 10.15517/am.v23i2.6482.
- QUEZADA-SALIRROSAS, R.M., 2016. *Hongos Micorrizicos Arbusculares nativos presentes en la rizósfera de Opuntia ficus-indica en suelos áridas de Tumbes, Peru* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Trujillo.
- RIVAS, J., SÁNCHEZ, J., COLLAZO, E., y RICARDO, N., 2015. Efecto de cuatro especies de hongos micorrizógenos arbusculares en la producción de frutos de tomate. *Agron Costarricense*, 47-59.
- REYNOSO, V. 2016. Leguminosas, Regeneración para el Suelo, Vía Orgánica A.C. Blog de consulta. Recuperado de: <https://viaorganica.org/leguminosas/>
- RODRIGUEZ, V., SOTO, A., PÉREZ, J., FRANCO, A., & DÍAZ, P., 2014. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with the rhizosphere of seedlings and mature trees of *Swietenia macrophylla* (Magnoliophyta: Meliaceae) in Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *Revisita Chilena de Historia Natural* (9), 87. <https://doi.org/10.1186/s40693-014-0009-z>
- RUIZ, P., & B., C., 2005. Micorrizas arbusculares en ultisoles de la Amazonia peruana. *Folia Amazónica*, 2, 14.
- SABOYA, A., 2018. Evaluación del efecto bioprotector de hongos micorrízicos arbusculares nativos sobre roya (*Hemileia vastatrix*) en café (*Coffea arabica*) variedad caturra bajo condiciones de vivero en la Región San Martín. Universidad Nacional de San Martín, 86.

- SALAS, E, 2004. *Las micorrizas y su importancia para el manejo y conservación de árboles del trópico. Costa Rica: Universidad Nacional de Costa Rica.*
- SANCHEZ, C., 2005. *Mycorrhizal Symbiosis*. S.l.: s.n. ISBN9780123705266.
- SMITH, S. y READ, D., 2008. *Mycorrhizas Aspects generals*. UNAM, Zaragoza. México. DF, 96 p.
- SULTENFUSS, J., 1999. Functions of phosphorus in plants. *Better Crops*, 6-7.
- TREJO, D., FERRERA-CERRATO, R., GARCÍA, R., VARELA, L., LARA, L. y ALARCÓN, A., 2011. Efectividad de siete consorcios nativos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de café en condiciones de invernadero y campo. *Revista Chilena de Historia Natural*, vol. 84, no. 1, pp. 23-31. ISSN 0716078X. DOI 10.4067/S0716-078X2011000100002.
- VAN DER HEIJDEN, M.G.A., KLIRONOMOS, J.N., URSIC, M., MOUTOGLIS, P., STREITWOLF-ENGEL, R., BOLLER, T., WIEMKEN, A. y SANDERS, I.R., 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, vol. 396, no. 6706, pp. 69-72. ISSN 00280836. DOI 10.1038/23932.
- VEIGA, R.S.L., FACCIO, A., GENRE, A., PIETERSE, C.M.J., BONFANTE, P. y VAN DER HEIJDEN, M.G.A., 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi reduce growth and infect roots of the non-host plant *Arabidopsis thaliana*. *Plant, Cell and Environment*, vol. 36, no. 11, pp. 1926-1937. ISSN 01407791. DOI 10.1111/pce.12102.
- WANG, G., ZHANG, B., ZHONGMING, Y., ZHIYUAN, F., YUAN, Y., ZHU, L., WANG, J., MA, S., & ZHANG, J., 2019. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated with Tree Species in a Planted Forest of Eastern China. *Forests*, 5(424), 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/f10050424>
- YON, Y.R., PÉREZ, L.A., CARMONA, A.M., PÉREZ, Y.M., GARCÍA, L.R.M. y SUÁREZ, K.F., 2015. Alternativa de la técnica de tinción para determinar la colonización micorrízica. *Cultivos Tropicales*, vol. 36, no. 2, pp. 18-21. ISSN 0258-5936. DOI 10.1234/ct.v36i2.961

## Anexos

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Metodología
<p><b>Problem a principal</b></p> <p>¿Qué abundancia de esporas y porcentaje de micorrizas se encontrarán en tres especies de leguminosas (Fabaceae) en el Fundo el Bosque de la UNAMAD?</p>	<p><b>Objetivos</b></p> <p><b>Objetivo General</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la abundancia de esporas y el porcentaje de colonización micorrízica de tres especies de leguminosas (Fabaceae) en el Fundo el Bosque.</li> </ul> <p><b>Objetivos específicos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuantificar el número de esporas de los hongos micorrízicos arbusculares en tres especies de leguminosas (Fabaceae), <i>Inga auristellae</i>, <i>Inga alba</i> y <i>Tachigali amarumayu</i>.</li> <li>• Comparar el número y tipo de estructuras presentes en hongos micorrízicos arbusculares en tres especies de leguminosas (Fabaceae), <i>Inga auristellae</i>, <i>Inga alba</i> y <i>Tachigali amarumayu</i>.</li> <li>• Comparar el porcentaje de colonización micorrízica de las tres especies de leguminosas (Fabaceae), <i>Inga auristellae</i>, <i>Inga alba</i> y <i>Tachigali amarumayu</i>.</li> </ul>	<p><b>Tipo y diseño de Investigación</b></p> <p>El presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo, es decir, se podrá determinar un total aproximado de especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), con un diseño estadístico descriptivo.</p> <p><b>Población</b></p> <p>Estará formada por tres especies de Leguminosas del fundo el Bosque - UNAMAD.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>Se tomó 4 árboles por especie de cada 4 bloques del Fundo el Vivero.</p> <p><b>Muestreo</b></p> <p>No probabilístico</p> <p><b>Métodos y técnicas</b></p> <p><b>Métodos:</b> Observación.</p> <p><b>Técnica:</b> Destrucción de muestras para recolección de datos.</p>

Anexo 2. Solicitud de autorización para realización de muestreo de suelo.



"UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS"  
"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"  
"Madre de Dios Capital de la Biodiversidad del Perú"



**MEMORANDO N° 005-2023-UNAMAD-VRA-DFI/EP-IFMA**

**SEÑOR** : Dante Cueva Altamirano  
Administrador del Vivero Forestal Fundo "El Bosque"

**ASUNTO** : Brindar Facilidades de Acceso con fines de investigación

**REF.** : EXP N° 240 - SOLICITUD - JUNIOR CARRASCO

**FECHA** : 10 de abril de 2023.

Previa un saludo y visto el documento de la referencia, sírvase brindar facilidades al **Bach. Júnior Matias Carrasco Cornejo**, para ingresar a las áreas del Vivero Forestal Fundo "El Bosque", con la finalidad de realizar recolección de muestras de suelos y raíces, para realizar Proyecto de Investigación: "**Abundancia de esporas y porcentaje de colonización de micorrizas de 3 leguminosas (FABACEAE) en el Fundo El Bosque – UNAMAD**"; la recolección de muestras será realizada desde el 14 de abril hasta el 22 de abril del presente año.

Por lo que se remite a su despacho para que brinde las facilidades de acceso al Vivero.

Bajo responsabilidad.

Atentamente,

  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería  
Forestal y Medio Ambiente

EP-IFMA  
UNAMAD

UNAMAD: "Investigación, Innovación y Emprendimiento Global"

Ciudad Universitaria - Av. Jorge Chávez N° 1160  
EP-IFMA - 3er piso Pabellón A - 975 844 902  
Puerto Maldonado - Madre de Dios

Anexo 3. Solicitud de autorización para realización de muestreo de suelo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS  
Centro Investigación del Herbario Alwyn Gentry  
"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"

Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"



## CONSTANCIA

En mi calidad de Director del Centro de Investigación Herbario "Alwyn Gentry" de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios,

### HACE CONSTAR:

Que las muestras botánicas han sido presentadas en marco de tesis de pregrado del Bach. **Junior Matias Carrasco Cornejo**, titulada: "Abundancia de Esporas y Porcentaje de Colonización de Micorrizas de Tres Especies de Leguminosas (FABACEAE) en Fundo El Bosque-UNAMAD.", para optar el título de Ingeniero Forestal y medio ambiente en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

El ejemplar ha sido entregado a la colección del herbario y constan de 03 especimen que proviene del Fundo el Bosque UNAMAD, del distrito Las Piedras, Region Madre de Dios, Las cuales fueron verificadas e identificadas en este Centro de enseñanza e Investigación HAG-UNAMAD. A continuación, se adjunta el cuadro de información de las especies.

Nº	Codigo de Colecta	Nombre científico	Familia Segun APG IV (2016)	Coordenada UTM 19L
1	M. Carrasco- 001	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	Fabaceae	E-483086 N-8620985
2	M. Carrasco- 002	<i>Inga auristellae</i> Harms	Fabaceae	E-483086 N-8620985
3	M. Carrasco- 003	<i>Tachigali amarumayu</i> Huamantupa, H.C. Lima & D.B.O.S. Cardoso	Fabaceae	E-485094 N-8620930

Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que considere conveniente.

Puerto Maldonado, 01 de julio de 2024.

Atentamente

Cc:  
Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE DIOS  
Centro Invest. Herbario Alwyn Gentry  
  
Ing. Sufer Baer Quintana  
DIRECTOR DEL HERBARIO

Ciudad Universitaria – Puerto Maldonado – Madre de Dios  
Av. Jorge Chavez N° 1160



Anexo 4: Puntos de dispersión de especies de leguminosas

BLOQUE	CODIGO	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	COORD.X	COORD.Y
IX	IXSC	Inga alba	FABACEAE	8621780	486581
IX	IXSC	Inga alba	FABACEAE	8621965	486593
IX	IXSC	Inga alba	FABACEAE	8621549	486909
IX	IXSC	Inga alba	FABACEAE	8621818	486915
IX	IXSH	Inga auristellae	FABACEAE	8621826	486594
IX	IXSH	Inga auristellae	FABACEAE	8621824	486589
IX	IXSH	Inga auristellae	FABACEAE	8621853	486588
IX	IXSH	Inga auristellae	FABACEAE	8621905	486916
IX	IXPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8621587	486911
IX	IXPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8621590	486915
IX	IXPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8621629	486915
IX	IXPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8621987	486595
VIII	VIIIIPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8621527	487084
VIII	VIIIIPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8621617	487074
VIII	VIIIIPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8621571	487073
VIII	VIIIIPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8621553	487090
VIII	VIIIISH	Inga auristellae	FABACEAE	8621692	487408
VIII	VIIIISH	Inga auristellae	FABACEAE	8621722	487419
VIII	VIIIISH	Inga auristellae	FABACEAE	8621745	487410
VIII	VIIIISH	Inga auristellae	FABACEAE	8621696	487417
VIII	VIIIISC	Inga alba	FABACEAE	8621721	487418
VIII	VIIIISC	Inga alba	FABACEAE	8621735	487415
VIII	VIIIISC	Inga alba	FABACEAE	8621627	487412
VIII	VIIIISC	Inga alba	FABACEAE	8621766	487406
XVI	XVISH	Inga auristellae	FABACEAE	8621490	485904
XVI	XVISH	Inga auristellae	FABACEAE	8621234	485913
XVI	XVISH	Inga auristellae	FABACEAE	8621205	485905
XVI	XVISH	Inga auristellae	FABACEAE	8621115	485909
XVI	XVIPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8621340	485909
XVI	XVIPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8621320	485900
XVI	XVIPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8621272	485904
XVI	XVIPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8621253	485905
XVI	XVISC	Inga alba	FABACEAE	8621468	485910
XVI	XVISC	Inga alba	FABACEAE	8621285	485907
XVI	XVISC	Inga alba	FABACEAE	8621106	485912
XVI	XVISC	Inga alba	FABACEAE	8621013	485912
XXVI	XXVIPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8620930	485094
XXVI	XXVIPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8620910	485090
XXVI	XXVIPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8620907	485095
XXVI	XXVIPS	Tachigali amarumayu	FABACEAE	8620924	485084
XXVI	XXVISH	Inga auristellae	FABACEAE	8620554	485090

XXVI	XXVISH	Inga auristellae	FABACEAE	8620542	485092
XXVI	XXVISH	Inga auristellae	FABACEAE	8620543	485096
XXVI	XXVISH	Inga auristellae	FABACEAE	8620545	485096
XXVI	XXVISC	Inga alba	FABACEAE	8620510	485099
XXVI	XXVISC	Inga alba	FABACEAE	8620510	485098
XXVI	XXVISC	Inga alba	FABACEAE	8620510	485100
XXVI	XXVISC	Inga alba	FABACEAE	8620509	485099

Anexo 5: Mapa de ubicación del área de estudio

