

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**



**“OCURRENCIA DE HONGOS DE MICORRIZA
ARBUSCULAR EN CAOBA (*Swietenia macrophylla*),
UCAYALI – 2018”**

Presentado por:

Bach. HERRERA CASTILLO, Isabel

Asesor:

Ms. VARGAS LINARES, Pedro Antonio

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGRÓNOMO**

Nuevo Chimbote – Perú

2019



Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma

Informe del Asesor para obtener el título profesional

- 1) Apellidos/Nombres: HERRERA CASTILLO ISABEL
- 2) Título del Informe de Tesis: “OCURRENCIA DE HONGOS DE MICORRIZA ARBUSCULAR EN CAOBA (*Swietenia macrophylla*), UCAYALI - 2018.”.
- 3) Evaluación del Contenido:

Se ha evaluado el contenido del informe de la Tesis; se observa que se enmarca en la estructura del documento de Tesis del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNS, aprobado mediante la Resolución N° 492-2017-CU-R-UNS. El estudio se ha desarrollado siguiendo las pautas de la Metodología de la Investigación Científica. Los resultados, discusión y conclusiones del estudio se orientaron al cumplimiento de los objetivos y la demostración de la hipótesis.

- 4) Observaciones: Requiere la opinión de los miembros del jurado, según el proceso correspondiente de evaluación.
- 5) Certificación de Aprobación: El suscrito, en calidad de Asesor, recomienda la **aprobación** del informe de Tesis presentado por la Bachiller ISABEL HERRERA CASTILLO.

Nuevo Chimbote 18 de noviembre de 2019


Ms. Pedro Antonio Vargas Linares
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMA



HOJA DEL AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado: OCURRENCIA DE HONGOS DE MICORRIZA ARBUSCULAR EN CAOBA (*Swietenia macrophylla*), Ucayali - 2018, para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por la bachiller Isabel Herrera Castillo, que tiene como Asesor al Ms. Pedro Antonio Vargas Linares, designado mediante Resolución Decanal N° 229-2018-UNS-FI.

Ms. José Ismael Pérez Cotrina
Presidente

Ing. María del Pilar Ventura Grados
Secretario

Ms. Pedro Antonio Vargas Linares
Integrante



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Isabel Herrera Castillo
Título del ejercicio: INGENIERÍA AGRONOMA
Título de la entrega: OCURRENCIA DE HONGOS DE MI...
Nombre del archivo: Tesis_HMA_5-09-2019_final_1.pdf
Tamaño del archivo: 2.67M
Total páginas: 86
Total de palabras: 17,640
Total de caracteres: 88,065
Fecha de entrega: 17-sep-2019 11:03p.m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 1127703914

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA AGRONOMA



OCURRENCIA DE HONGOS DE MICORRIZA
ARBUSCULAR EN CAOBA (*Swietenia macrophylla*),
UCAYALI – 2018.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGRÓNOMO

Presentado por:

Br. HERRERA CASTILLO, Isabel

Asesor:

Ing. Mg. VARGAS LINARES, Pedro Antonio.

Chimbote – Perú
2018

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la vida, una familia maravillosa y rodearme de personas excelentes.

Con respeto y admiración a mis padres:

Jacinta Castillo Sandoval y Marcelino Herrera Dionicio: A quienes amo profundamente. Agradezco por brindarme sus enseñanzas y guiarme en conseguir mi meta. A mi padre por su fortaleza y sus sabios consejos que me dio para mi desarrollo profesional y personal.

A mis Hermanos:

Agradezco por el apoyo que siempre me han brindado con su impulso, fuerza, amor incondicional, tenacidad y por ser parte de mi formación. En especial para mi hermana Nadhia Herrera, por guiarme, apoyarme y brindarme sus enseñanzas en mi formación personal y profesional.

Con todo lo que he podido ser hasta hoy, para ustedes.

Isabel Herrera Castillo

AGRADECIMIENTOS

Al Gerente Regional del Centro de Investigaciones Dale E. Bandy del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP)- Ucayali, Blga. Pesq. Carmela Rebaza Alfaro, a sus profesionales, técnicos y administrativos, por su contribución a la realización de la tesis.

A mi asesor el Ing. Mg. Pedro Antonio Vargas Linares, por ser un excelente docente, por contribuir en mi formación profesional, por sus valiosos conocimientos, enseñanza y porque nunca escatimó esfuerzo y tiempo para corregir y mejorar este trabajo, por estar siempre al servicio de la tesis.

A la Ing. Krystel Clarissa Rojas Mego, por ser un gran científico, por ser un gran apoyo en los momentos durante el trayecto de mi proyecto, por su motivación que ha sido fundamental para mi formación como investigadora y sobre todo por ser una excelente profesional y persona.

A todo el personal técnico del IIAP- Ucayali, en especial al señor Carlos Marín Pérez por su apoyo y colaboración brindado en la realización de la tesis.

A los profesores de la escuela Académica de Ingeniería Agrónoma, por sus enseñanzas y orientación en mi formación profesional.

Finalmente agradezco a mis familiares y amigos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	15
1.2 Antecedentes	15
1.3 Formulación de problema	18
1.3 Objetivo	19
1.4 Formulación de la hipótesis	20
1.5 Justificación	20
1.6 Limitaciones del trabajo	21
II. MARCO TEÓRICO	22
2.1 Micorrizas	22
2.1.1 Tipos de micorrizas	22
2.1.2 Micorriza arbuscular	23
A. Definición	23
B. Taxonomía	24
C. Etapas en el desarrollo de colonización	25
D. Descripción de las estructuras HMA	26
E. Descripción de los principales géneros	31
F. Beneficios de los hongos de micorriza arbuscular	32
G. Influencia de los principales factores edáficos	32
2.2 Suelo	34
2.2.1 Definición	34
2.2.2 La rizosfera	35
2.2.3 Perfil y horizontes del suelo	35
2.2.4 Clasificación del suelo	36
2.3 Caoba	37
2.3.1 Taxonomía	38

2.3.2	Descripción Botánica	39
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1	Descripción del área de estudio	43
3.2	Población y muestra	46
3.3	Recolección de datos	46
3.3.1	Fase de campo	46
	A. Muestreo de suelo	46
	B. Muestreo de raíz	47
3.3.2	Fase de laboratorio	49
	A. Evaluación de esporas de HMA	49
	B. Evaluación de Intensidad micorrízica	53
3.3.3	Técnicas e instrumentos de medición	56
3.3.4	Propuesta experimental	57
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	58
4.1.	Número de esporas de HMA	58
	4.1.1 Número de esporas por procedencia	58
	4.1.2 Altura de planta por procedencia de las diferentes zonas	60
4.2	Intensidad micorrízica de Hongos de Micorriza Arbuscular	63
	4.2.1 Intensidad micorrízica (HMA)	63
	4.2.2 Promedio de la colonización por zonas de hifas (HI, HE), vesículas (V), arbusculos tipo parís (P) y esporas (E)	64
	4.3 Identificación de familias y especies de HMA	65
V.	CONCLUSIONES	70
VI.	RECOMENDACIONES	71
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES	72
VIII.	ANEXO	82

ÍNDICE DE TABLA

	Pág.
Tabla 1. Taxonomía de los hongos de micorrizas.	25
Tabla 2. Descripción Principales géneros	31
Tabla 3. Coordenadas geográficas, altitud y edad en cada zona de muestreo	43
Tabla 4. Especies identificadas	45
Tabla 5. Propiedades físico químicas del suelo por zona de muestreo	48
Tabla 6. Variables en estudio	60
Tabla 7. Género y especies de HMA asociados a caoba <i>S. macrophylla</i>	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Tinción de raíz del árbol de Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>).	27
Figura 2. Microfotografía que ilustra las capas de pared de una espora de HMA	28
Figura 3. Distribución de caoba en el Perú	38
Figura 4. Planta de Caoba	39
Figura 5. Raíz de Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>).	40
Figura 6. Mapa de ubicación de las zonas de estudios	44
Figura 7. Laboratorio de entomología, pruebas biológicas y bioterio	45
Figura 8. Muestreo de suelo	47
Figura 9. Muestras de raíces	48
Figura 10. Extracción y aislamiento de esporas de HMA a partir de suelo	52
Figura 11. Preparación de la muestra para determinar Intensidad micorrízica	55
Figura 12. Observación de estructuras HMA en el microscopio	55
Figura 13. Escala gradual de Intensidad micorrízica	56
Figura 14. Gráfico de barras de número de esporas por procedencia	58
Figura 15. Gráfico de barras de altura de plantas por procedencia	60
Figura 16. Dispersión de las variables altura de planta y número de esporas	61
Figura 17. Barras de intensidad micorrízica por procedencia	63
Figura 18. Valores promedio estándar de Estructura Vs Procedencia de las muestras.	64

ÍNDICE DE ANEXO

	Pág.
Anexo 1. Clave para familias de HMA	83
Anexo 2. Composición de las soluciones	84
Anexo 3. Anova de intensidad micorrízica	84
Anexo 4. Número de esporas	85
Anexo 5. Intensidad micorrízica	85
Anexo 6. Evaluación biométrica	86

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP)- sede Ucayali. El estudio tuvo como objetivo determinar las especies de hongos de micorriza arbuscular (HMA) asociadas a *Swietenia macrophylla* (Caoba) así como cuantificar el número de esporas y determinar la intensidad micorrízica en cinco zonas de muestreo distribuidos en los departamentos de Ucayali, San Martín y Huánuco. El muestreo de suelo se realizó a partir de 15 árboles de *Swietenia macrophylla* y de raíces a partir de 8 árboles. La metodología utilizada para cuantificar el nivel de propagación de esporas fue el método del tamizado y decantado por vía húmedo y para determinar la intensidad micorrízica fue la de tinción.

Como resultado de este estudio se obtuvo mayor número de esporas para la procedencia de Chazuta (CH=15 esporas g^{-1} suelo), seguido de la procedencia de Bello Horizonte (BH= 14 esporas g^{-1} suelo), INIA Fincyt (CFI= 12 esporas g^{-1} suelo) y INIA Agro bosque (CAI= 8 esporas g^{-1} suelo) en tanto que el menor número de esporas encontrados fue para la procedencia Aucayacu (CAR=2 esporas g^{-1} suelo).

Finalmente, la identificación reportó 37 especies de HMA, encontrando mayor diversidad en la zona de muestreo de Chazuta (CH) con 17 especies y menor diversidad en la zona de muestreo para Aucayacu (CAR) 6 especie. *Acaulospora* fue el género que se presentó con mayor frecuencia

Palabras clave: *Swietenia macrophylla*, Hongos de micorriza arbuscular, esporas, Amazonía peruana.

ABSTRACT

The present study was developed in the Peruvian Amazon Research Institute (IIAP) - Ucayali headquarters. The objective of the study was to determine the species of arbuscular mycorrhiza (AMF) associated with *Swietenia macrophylla* (Mahogany) as well as to quantify the spore population and determine the mycorrhizal intensity in five sampling zones distributed in the departments of Ucayali, San Martín and Huánuco. Soil sampling was carried out from 15 trees of *Swietenia macrophylla* and roots from 8 trees. The methodology used to quantify the level of spore propagation was the wet sieving and decanting method and to determine the mycorrhizal intensity was the staining method.

As a result of this study, a greater number of spores was obtained for the origin of Chazuta (CH = 15 spores g⁻¹ soil), followed by the origin of Bello Horizonte (BH = 14 spores g⁻¹ soil), INIA Fincyt (CFI = 12 spores g⁻¹ soil) and INIA Agro forest (CAI = 8 spores g⁻¹ soil) while the lowest number of spores found was for the Aucayacu origin (CAR = 2 spores g⁻¹ soil).

Finally, the identification reported 37 species of AMF, finding greater diversity in the Chazuta (CH) sampling area with 17 species and less diversity in the sampling area for Aucayacu (CAR) 6 species. *Acaulospora* was the genus that appeared most frequently

Keywords: *Swietenia macrophylla*, Arbuscular mycorrhiza fungi, spores, Peruvian Amazon

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En los bosques de la Amazonia peruana, así como en la mayoría de áreas tropicales, las raíces de casi de mayoría de las plantas están asociadas con hongos de micorriza arbuscular (HMA) especialmente las especies arbóreas como caoba, sin embargo, los estudios en la Amazonía peruana para conocer la diversidad de especies de HMA, su potencial y dependencia micorrizal en plantas hospederas son limitados.

Montaño et al., (2007) afirman que los hongos son el segundo grupo con mayor número de especies entre los seres vivos, después de los insectos. Se estima que existen cerca de 1.5 millones de especies de hongos, de las cuales sólo se han descrito 72 000; aunque, cada año se registran cerca de 1500 nuevas especies, de los cuales las micorrizas arbuscular (MA) bien podrían representar el segundo componente más grande en biomasa en muchos ecosistemas terrestres.

Lovelock et al., (2003) mencionan que los hongos micorriza arbuscular (HMA) son microorganismos del suelo de tipo mutualistas que se asociación con raíces de las plantas adicionalmente Sánchez de P, et al., (2010) afirma que el 95% corresponde a la formación (MA), la cual está presente casi en su mayoría en las especies agrícolas y forestales nativos.

Se conoce que estos hongos constituyen un componente clave para el funcionamiento eficiente de los bosques, principalmente por dar a las plantas una mayor capacidad para absorber fósforo y agua del suelo, ayudar en la agregación de las partículas del suelo dándole mayor estabilidad y contribuir con el almacenamiento de carbono en el suelo a través de la producción de glomalina (Ruiz, Rojas y Sieverding, 2011).

Es un hecho universalmente aceptado que las micorrizas estimulan el crecimiento, desarrollo y nutrición de las plantas, especialmente en suelos de baja y moderada fertilidad (Medina y Azcón, 2010); son un importante factor biológico dentro de la estructura y funcionamiento de los suelos e inciden sobre el comportamiento ecológico, productividad y composición de comunidades vegetales naturales, así como de cultivos agrícolas y plantaciones forestales; los hongos formadores de micorrizas arbusculares deben ser

considerados, entonces, como parte de la diversidad biológica de los suelos y deben ser incluidos tanto en los inventarios como en los análisis de la biodiversidad a nivel de ecosistemas y agroecosistemas (Pérez, et al., 2011).

Rojas et al., (2014) investigaron en Hongos de Micorriza Arbuscular (HMA) asociados con cacao *Theobroma cacao* L. en tres diferentes agroecosistemas (AGR), ubicados en región Ucayali. Los AGR incluyeron: 1) Cacao en monocultivo (AGR-1), 2) Cacao asociado con *Inga edulis* – guaba (AGR-2), y 3) cacao con cobertura de kudzu (*Pueraria phaseoloides*) (AGR-3), mostrando como resultado mayor abundancia en el AGR-3, con 1 100 a 780 esporas por 100 gr de suelo cuyo suelo presentó contenidos de 2,6 de materia orgánica, con 4.6 pH y textura franco, sin embargo, se encontró mayor diversidad en el AGR-2 identificándose 29 especies cuyo suelo presentó contenidos de 1,69 de materia orgánica, con 4.54 pH y textura franco arenoso. Las especies de HMA identificadas pertenecían a los géneros Acaulospora, Ambispora, Archeospora, Cetraspora, Clareideoglosum, Diversispora, Fuscotata, Glomus, Kuklospora, Pacispora, Paraglosum y Sclerocystis.

Por otro lado Medina (2017), realizó un trabajo enfocado a conocer la biogeografía de los HMA en el cultivo de café variedad caturra, en las localidades de Aviación (Lamas), Buena Vista (El Dorado) y Los Ángeles (Moyobamba) en la región de San Martín, ubicados a un rango de altitud 1000 – 1200 m.s.n.m, como resultado mostró una mayor longitud de micelio extraradical (43,64 cm/g suelo) y mayor número de esporas (158 esporas/10 g de suelo seco) en la época seca (agosto–setiembre del 2015); mientras el mayor porcentaje de colonización (17,86%) se mostró en la época húmeda (febrero-marzo del 2016). Asimismo, la provincia de Lamas cuyo suelo presentó contenidos de 5,67 de materia orgánica, con 4,02 pH y textura franco arenoso, presentó mayores promedios en micelio extraradical (39,48 cm/g suelo), porcentaje de colonización (26,40%) y densidad de esporas (167 esporas/10 g de suelo seco). Finalmente se identificaron 16 especies de HMA, siendo Acaulospora y Glomus los más abundantes.

Barrios (2017) tuvo como objetivo de seleccionar e identificar los diferentes morfotipos de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) nativos predominantes subcuencia

del Cumbaza asociados a plantas de cobertura, en la región San Martín, como resultados mostraron que las leguminosas tuvieron mayor influencia en cuanto al porcentaje de colonización micorrízica en comparación con las zonas en estudio, siendo *Vigna unguiculata* la que presentó mayor porcentaje de colonización con 75 %. El mayor número de esporas fue influenciado principalmente por las zonas, donde Aucaloma presentó el mayor número con 332 esporas/10 g. Finalmente se identificaron 11 morfotipos pertenecientes a los géneros de *Acaulospora*, *Ambispora*, *Rhizoglosum* y *Glomus*, siendo el género *Acaulospora* el más predominante y frecuente.

Los estudios realizados por Rodríguez et al. (2011) donde mencionan que en sistemas agroforestales o en áreas naturales de Asia, donde se han introducido especies maderables como la caoba, se han identificado HMA de los géneros *Glomus* y *Gigaspora* principalmente, y en menor proporción a especies de los géneros *Acaulospora*, *Entrophospora*, y *Scutellospora* en el suelo rizosférico.

Rodríguez et al. (2014) Investigaron en árboles de *S. macrophylla* establecida de forma natural, ubicado en México con (18°23' N, 95°07' W; elevación media de 385 msnm), con suelo ultisol de un color marrón claro, una textura arenosa-arcillosa, como resultado encontraron veintitrés morfoespecies HMA pertenecientes a cuatro géneros: 11 correspondieron a *glomus*, 10 a *Acaulospora*, Uno para *Gigaspora* y uno a *Ambispora*. *Ambispora gerdemanni*, *Acaulospora spinosa*, *A. scrubiculata*, *A. foveata*, *Septoglosum constrictum*, *Claroideoglosum etunicatum*, *Glomus tenebrosum*, *Sclerocystis sinuosum*, *Diversispora aurantium*, y *fasciculatus Rhizophagus* fueron identificados a nivel de especie. Se presenta por primera vez la presencia de *G. tenebrosum* y *C etunicatum*.

López y Peña (2018) realizaron el aislamiento de esporas de HMA en muestras compuestas de suelo tomadas en la rizosfera de cinco estados sucesionales de bosque altoandino (Pionero, Intermedio Temprano, Intermedio, Intermedio Tardío, Maduro) en el departamento de Cundinamarca entre los 2600 y 3000 m de altitud, encontrando como resultado con mayor densidad el estado maduro (*Hedyosmo crenati* y *Myrcinetum coriaceae*) con un promedio de 20 esporas g⁻¹.

Villasagua (2017), investigo en la identificación de HMA en diferentes fincas productoras de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Vinces, Ecuador, que posee

temperatura promedio de 26° C, altura de 14 m.s.n.m, las muestras de suelo y raíces, fueron tomadas de cuatro fincas, tres orgánicas y una convencional, como resultado encontró, que la finca 1, con plantas de 1-10 años de edad presentó la más alta población de esporas, con 165 esporas/100 g de suelo, mientras que la finca cuatro, con plantas de 11-20 años de edad tuvo la menor población 152 esporas/100 g de suelo.

Sánchez (2015), esta investigó en una huerta de nogal pecanero en México, tuvo como objetivo identificar los géneros de hongos de micorrizicos arbusculares en la rizosfera de *Carya illinoensis* (Wangehn) K.koch, en arboles jóvenes con la edad de 10 años en 3 de la variedad Wichita y con árboles viejos con la edad 30 años de la variedad Western, obteniendo como resultado que los árboles jóvenes presento un mayor número de esporas a diferencias con los árboles viejos.

1.2 Formulación de problema

En Ucayali existen 1' 265 000 hectáreas prioritarias para la restauración, para lo cual se necesitará de plántulas de calidad y nativas, como la especie caoba; que dicha especie se encuentra en vulnerabilidad; debido al cambio indebido de la cobertura del suelo y la deforestación de la especie mencionada (SERFOR, 2018).

Por ende, es necesario restaurar la plantación del árbol de caoba; debido a su alta presión de extracción, clasificada oficialmente como especie amenazada vulnerable. Así mismo, en los suelos deforestados no se encuentran los microorganismos que establecen asociaciones benéficas con los árboles, ya que dicha especie es susceptible a este microorganismo en etapa iniciales. Es por ello que se están investigando en vivero haciendo uso de inoculantes nativos de hongos de micorriza arbuscular (HMA) provenientes de bosque y suelo.

Se conoce que los hongos de micorriza arbuscular constituyen un componente clave para el funcionamiento eficiente de los bosques, principalmente por dar a las plantas una mayor capacidad para absorber fósforo y agua del suelo, ayudar en la agregación de las partículas del suelo dándole mayor estabilidad y contribuir con el almacenamiento de carbono en el suelo a través de la producción de glomalina (Ruiz, Rojas y Sieverding, 2011).

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares deben ser considerados, entonces, como parte de la diversidad biológica de los suelos y deben ser incluidos tanto en los inventarios como en los análisis de la biodiversidad a nivel de ecosistemas y agroecosistemas

Sin embargo, en la Amazonia Peruana, los estudios relacionados con HMA, especialmente vinculado a especies maderable de importancia comercial, como es el caso de caoba (*Swietenia macrophylla*) son limitados.

Por las consideraciones antes descritas, el investigador formula la siguiente pregunta:

¿Cuál será la ocurrencia de especies de hongos micorríticos en cinco diferentes zonas de muestreo?

1.3 Objetivo

1.3.1 Objetivo general

Determinar la ocurrencia de especies de hongos de micorriza arbuscular (HMA) asociadas a *Swietenia macrophylla* caoba en cinco diferentes zonas de muestreo.

1.3.2 Objetivo específico

Cuantificar el número de esporas de hongos de micorriza arbuscular (HMA) en el suelo asociados a *Swietenia macrophylla* caoba.

Determinar la intensidad micorrízica de hongos de micorriza arbuscular (HMA) en las raíces de los árboles de *Swietenia macrophylla* caoba.

Identificar taxonómicamente los hongos de micorriza arbuscular (HMA) asociadas a *Swietenia macrophylla* caoba.

1.4 Formulación de la Hipótesis

Se formula la siguiente hipótesis:

Existe diferente ocurrencia de especies de hongos micorríticos en cinco diferentes zonas de muestreo de evaluación.

1.5 Justificación

En la Amazonía peruana, las raíces de la gran mayoría de los árboles; como por ejemplo caoba, especie maderable más valiosa de los bosques amazónicos peruanos y del mundo, forman una simbiosis con los hongos de micorriza arbuscular, tal como Ruiz, (2011) encontró respuestas significativas en el crecimiento de plántulas de caoba en vivero con el uso de inoculantes nativos de hongos de micorriza arbuscular (HMA) provenientes de bosque y suelo degradado.

Es un hecho universalmente aceptado que las micorrizas estimulan el crecimiento, desarrollo y nutrición de las plantas, especialmente en suelos de baja y moderada fertilidad (Medina y Azcón, 2010); son un importante factor biológico dentro de la estructura y funcionamiento de los suelos e inciden sobre el comportamiento ecológico, productividad y composición de comunidades vegetales naturales, así como de cultivos agrícolas y plantaciones forestales, esta manera permitiendo reducir la aplicación de productos químicos, haciendo uso de inoculantes nativos.

Los beneficios de los HMA, son evidentes en la transferencia de nutrientes, en la protección contra patógenos del suelo (Rodríguez et al., 2011), aumento de la tasa fotosintética (Blancof et al., 1997) y el incremento de la resistencia al estrés abiótico (Cardona, et al., 2005 e Islas, et al., 2016), también HMA forman una glicoproteína llamada glomalina, producida por estos hongos; generando la agregación de las partículas del suelo, mejorando su estructura y aumentando sus reservas de carbono y nitrógeno (Fokom et al., 2012).

1.6 Limitaciones del trabajo

Las principales limitaciones en campo las zonas de muestreo fueron:

Dificultad en la extracción de raíces terciarias a cuaternarias debido al tipo de suelo y fisiología de la raíz.

Las principales limitantes en los ensayos de laboratorio fueron:

Raíces de plantas establecidas en campo cuentan con mayor pigmentación por lo que se dificulta la observación de colonización.

Limitados especialistas en identificación de HMA a nivel de especie en el País.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Micorrizas

Según Agarwal y Sah (2009), el vocablo micorriza, proviene del griego *mykos* = hongo y *rhiza* = raíz, que literalmente significa hongo de la raíz, el término fue usado por primera vez; por el botánico Frank; de origen alemán.

Especialmente en la micorriza se da una “integración estructural y metabólica entre ambos simbioses que se manifiesta en la nutrición, sanidad, productividad y adaptabilidad de las plantas a las condiciones ambientales” (Sánchez, 2009), con la mayoría de las plantas vasculares (Usuga, et al., 2008).

Del mismo modo Rivera et al., (2005) mencionan que la micorriza aumenta la capacidad de las plantas para la absorción de agua y nutrientes, produciendo un grado de tolerancia a las enfermedades y plagas de las raíces, y al mismo tiempo mejora algunas de las propiedades físicas del suelo, permitiendo adaptarse al estrés.

2.1.1 Tipos de micorrizas

Los dos tipos principales de micorrizas son ecto y endomicorrizas, que difieren en su estructura y relaciones fisiológicas con la planta huésped (Mohammadi, et al., 2011).

- Ectomicorrizas

Las ectomicorrizas producen un engrosamiento de las raicillas terminales, debido al recubrimiento del manto fúngico, la estructura de las ectomicorrizas está formada, básicamente, por el manto miceliar, la red de Hartig (Reyna, 2007). Así mismo el manto o vaina de hifas que cubren porciones considerables de raíces laterales, y la hifa que emana del manto y crece en el suelo (Peterson et al., 2004)

Las hifas del hongo, penetran los espacios intercelulares de la epidermis y la región cortical de la raíz, pero no penetra a las células vivas. La morfología de la raíz se modifica en este tipo de micorrizas, formándose racimos cortos

ramificados dicotómicamente, con una región meristemática reducida (Anaya, 2003).

Las ectomicorrizas se forman principalmente en árboles forestales debido a los basidiomicetes que forman sobre el suelo y son diseminadas por el viento (Agrios, 2002).

- Endomicorrizas

El grupo más extendido es endomicorriza, en el cual están involucradas las simbiosis que forman las orquídeas, otro tipo llamado ericoide que prolifera en suelos de turbas, páramos con muy pobres contenidos de nitrógeno y fósforo, y la llamada micorriza arbuscular (Sánchez de P, et al., 2010). En este caso no se forman la red de Hartig ni el manto, y se caracteriza porque las hifas penetran la raíz, se introducen en las células y pueden formar dos tipos de estructuras (Andrade, 2010., Anaya, 2003). El micelio se sitúa en el interior de las células de la raíz y sólo es apreciable mediante la observación de secciones de la misma al microscopio (Reyna, 2007).

2.1.2 Micorriza arbuscular

A. Definición

Los hongos micorriza arbuscular (HMA) son endosimbiontes obligados (Mirabal, et al., 2002). Caracterizado como “simbiosis mutualista formada entre los órganos de absorción sanos: raíces, rizomas, talos, de la mayoría de las plantas nativas y cultivadas, terrestres, epífitas y muchas acuáticas (Sánchez de P, et al., 2007).

Pérez y Roja (2011) mencionan que los hongos de micorrizas arbusculares (HMA), son asociaciones ecológicamente mutualistas entre hongos del phylum Glomeromycota y la inmensa mayoría de las plantas (cultivadas y silvestres), tratándose de una simbiosis prácticamente universal, no sólo porque casi todas las especies vegetales son susceptibles de ser micorrizadas sino también porque puede estar presente en la mayoría de los hábitats naturales. El nombre 'arbuscular' se deriva de estructuras

características, los arbusculos que ocurren dentro de las células corticales de muchas raíces de plantas (Smith y Read, 2008)

Una micorriza arbuscular tiene tres componentes importantes: la raíz misma, el hongo estructuras dentro y entre las células de la raíz y un micelio extraradical en la tierra (Smith y Read, 2008).

B. Taxonomía

Nuevos estudios donde las especies de los órdenes Glomerales y Diversisporales (Glomeromicetos) se reorganizaron sobre la base de una secuencia ribosomal combinada y análisis morfológicos dieron lugar a una nueva clasificación de los HMA, de tal forma que actualmente el phylum Glomeromycota incluye 3 clases, 5 órdenes, 14 familias y 26 géneros (Oehl, et al., 2011, García, 2006).

Tabla 1. Taxonomía de los hongos de micorrizas.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
Glomeromicetos	Glomerales	Glomeraceae	Glomus
			Funneliformis
			Simiglomus
			Septoglomus
		Claroideoglomeraceae	Claroideoglomus
	Diversisporales	Diversisporaceae	Viscospora
			Diversispora
			Redeckera
		Otospora	
		Entrophosporaceae	Entrophospora
		Acaulosporaceae	Acaulospora
			Kuklospora
		Pacisporaceae	Pacispora
	Gigasporales	Gigasporaceae	Gigaspora
		Scutellosporaceae	Scutellospora
Orbispora			
Racocetraceae		Racocetra	
		Cetraspora	
Dentiscutataceae		Dentiscutata	
	Fuscutata		
	Quatunica		
Archaeosporomicetos	Archaeosporales	Archaeosporaceae	Archaeospora
		Intraspora	
		Ambisporaceae	Ambispora
		Geosiphonaceae	Geosiphon
Paraglomeromicetos	Paraglomerales	Paraglomeraceae	Paraglomus

Fuente: Oehl et al., (2011a, 2011b)

C. Etapas en el desarrollo de la colonización

Presenta las siguientes etapas:

1. Germinación de las esporas y crecimiento de las hifas: Las esporas plurinucleadas germinan en el suelo o in-vitro, se forma un tubo germinativo, el hongo responde a exudados radicales aumentando significativamente el crecimiento de los filamentos y las ramificaciones. Si éste no se encuentra con una raíz compatible (Frioni, 2006).

2. Entrada a la raíz: en la proximidad de una raíz compatible, el crecimiento del tubo germinativo es estimulado por variados factores, como CO₂, exudados y las ramificaciones sucesivas penetran en la raíz. Se observan estructuras especializadas llamadas apresorios, englobamientos redondeados de hifas, cuya pared impregnada de melanina se espesa y asegura una presión osmótica elevada. Los apresorios se forman por moléculas liberadas por el hospedero (Frioni, 2006).
3. Colonización radical: en el desarrollo del hongo simbiótico, aparecen las estructuras típicas de estas asociaciones, los arbuscúlos y las vesículas (Frioni, 2006).
4. Desarrollo de hifas externas: la colonización se completa por activo desarrollo de hifas extraradicales, muy ramificadas y finas que están involucradas en la nutrición mineral del hongo. Constituyen una nueva estructura funcional en la nutrición mineral de la planta (N, P) (Frioni, 2006).

D. Descripción de las estructuras del HMA

Esporas

Las esporas aparentemente, son de origen asexual y pueden encontrarse cotidianamente adheridas a las raíces de las plantas o en el suelo, mezcladas con el resto de microorganismos habitantes de la rizosfera. Las esporas junto con trozos de micelio y raíces micorrizadas, conforman la fuente de inóculo de los HMA (Sánchez de P, et al., 2010). Las esporas de estos hongos germinan, dando origen a las hifas que al ramificarse forman el micelio que explora el suelo y coloniza la raíz de la planta (Salamanca, et al., 2004).

Estructuras propagativas en un estado de quiescencia, es decir, deben ser activadas para liberar sus funciones metabólicas de germinación y crecimiento. Esporas almacenan lípidos como reserva para una germinación, citoplasma y varios núcleos.

Hifas

Según Espinoza (2013), son estructuras filamentosas que en conjunto forman un micelio, la hifa origina la espora en muchas especies de HMA, esta le da soporte a la espora y en muchos casos sirve como ruta de germinación. Existen varios tipos, en bulbo, sin bulbo, en bate, colita de marrano, pico de pájaro (Sánchez de P, et al., 2010).

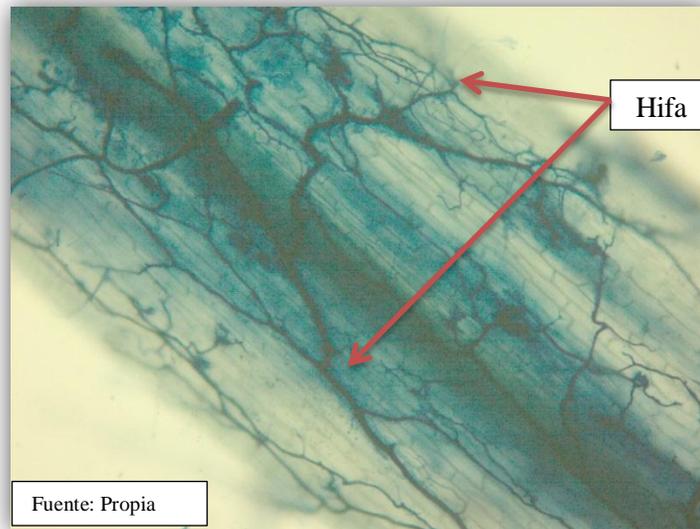


Figura 1. Tinción de raíz del árbol de Caoba (*Swietenia macrophylla*)

Unión de la hifa de conexión:

En el punto donde se unen la hifa de conexión y la espora, la capa o pared que cierra la espora toma formas características que dependen de la especie (Sánchez de P, et al., 2010).

Sáculo esporífero

Muchas veces la espora no se produce al final de una hifa, sino con anterioridad a la formación de un ensanchamiento de la hifa, este ensanchamiento tiene forma de saco y se le denomina sáculo esporífero (Sánchez de P, et al., 2010).

Pared y capa

La pared es una estructura integral que envuelve y da forma a la espora, cuando la espora está madura se puede diferenciar que cada una tiene una o más capas que la conforman, a partir de éstas se realizan los murogramas como ayuda para identificación (Sánchez de P, et al., 2010).

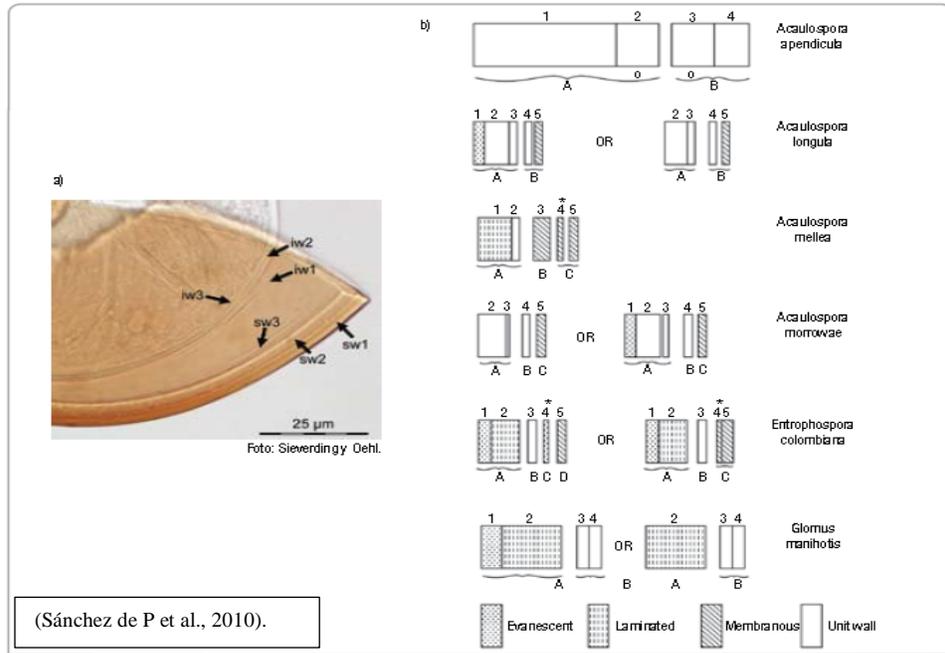


Figura 2. a) Microfotografía que ilustra las capas que conforman la pared de una espora de HMA y b) Murogramas

Tallo

Algunas especies de Entrophospora y afines con presencia de sáculo, poseen en su pared externa varias capas, las capas más externas son continuas con el sáculo y se desprenden con éste, las capas más internas son más permanentes y sobre estas se desarrollan dos estructuras opuestas en forma de tallos, las cuales, una se une al sáculo esporífero y la otra al cuello del sáculo (Sánchez de P, et al., 2010).

Células auxiliares

El micelio de algunos HMA, se modifica para dar origen a células ornamentadas que se presentan comúnmente en racimo. No se conoce la función que cumplen, pero si hay células auxiliares no hay formación de vesículas y es una característica distintiva dentro del Grupo Gigaspora. Las células auxiliares del género Gigaspora normalmente son papiladas, recuerdan una cabeza de mazo con prolongaciones espinosas (semejan un arma de la edad media) y en Scutellospora normalmente las prolongaciones son redondeadas sin espinas (Sánchez de P, et al., 2010).

Vesículas

Son estructuras globosas que contienen lípidos y gránulos de glicógeno (Oehl, et al., 2011a). Estos abultamientos se denominan vesículas y pueden distribuirse al interior y/o entre las células de la corteza radical, se ha establecido que son órganos de almacenamiento de los HMA que las forman (Salamanca, et al., 2004). Actualmente se conoce que hay géneros que no forman vesículas como es el caso de *Paraglomus* y del grupo *Gigaspora* (Sánchez de P, et al., 2010., Guachón y Prado, 2012), también miembros de la Gigasporaceae (*Scutellospora* y *Gigaspora*) nunca desarrollan vesículas, sino que producen células auxiliares en el micelio extraradical (Smith y Red, 2008).

Arbúsculos

Los arbúsculos son hifas altamente ramificadas que se desarrollan entre la pared celular y la membrana plasmática de las células (Ruiz et al., 2011, Oehl et al., 2011a), y desarrollan periodos de vida cortos. Actúan como órganos de intercambio de nutrimentos (Aguilera, et al., 2007) entre el suelo.

Los arbuscúlos son la estructura característica de las MA, poseen anatomía que recuerda un arbusto y, por lo tanto, pueden ser fácilmente reconocidos con ayuda de técnicas de microscopía adecuadas. Los arbuscúlos comienzan a formarse aproximadamente dos días después de la infección. Se consideran el principal sitio de intercambio de nutrientes entre hongos y planta, esto basado en la alta superficie de intercambio en la interfaz del arbuscúlo (Nogueira, 2016).

Tipo Paris: En el cual las hifas presentan crecimiento intracelular al igual que los arbuscúlos, pero forman enrollamientos cuando están dentro de la célula (Peterson et al, 2004).

Tipo Arum: una sola hifa penetra la pared de la célula cortical y forma una hifa troncal que se ramifica repetidas veces para formar arbuscúlos. Son generalmente de vida relativamente cortas.

E. Descripción de los principales géneros

Tabla 2. Principales géneros

Géneros	Descripción
<i>Glomus</i>	En este género se encuentran alrededor de 85 especies. Se caracteriza porque las esporas se producen sobre una hifa de sostén, pueden ser solitarias, en agregados laxos o en esporocarpos. Las esporas son glomoides, tienen una pared con varias capas, originadas a partir de la hifa esporogénica, la que usualmente queda unida a la espора madura. Se encuentran en la parte superficial o cerca de la superficie del suelo
<i>Entrophospora</i>	En el suelo o la raíz. Esporas globosas a subglobosas y coloreadas. Esporas entre 95-220 μm de diámetro. <i>E. baltica</i> , <i>E. infrequens</i> .
<i>Ambispora</i>	Formación acaulosporoide o glomoide. Tres paredes gruesas sin perlas en la pared interna. Paredes un poco flexibles como una bomba de aire. Esporas entre 150-250 μm de diámetro. <i>A. appendiculata</i> , <i>A. callosa</i> . <i>A. fecundispora</i> , <i>A. fennica</i> , <i>A. gerdemanii</i> , <i>A. jimgerdemanii</i> .
<i>Paraglomus</i>	1 pared con varias capas. Externa se desprende, media laminada y la interna lisa u ornamentada. Pared externa medio ornamentada. Hifa de soporte en forma de colita de marrano. Germinan por la luz de la hifa de soporte. No producen vesículas. Esporas entre 50-130 μm de diámetro. <i>P. brasilianum</i> , <i>P. laccatum</i> , <i>P. occultum</i> .
<i>Pacispora</i>	2 paredes, una interna y una externa, cada una con tres capas. La superficie es lisa u ornamentada con largos o cortos procesos Germinación de pared y no por conexión Conexión hifal como en <i>Glomus</i> pero con dos paredes. Esporas entre 70-170 μm de diámetro. <i>P. scintillans</i> , <i>P. boliviana</i> , <i>P. franciscana</i> , <i>P. robiginia</i> , <i>P. chimonobambusae</i> , <i>P. coralloidea</i> .
<i>Intraspora</i>	Formación de la espора a una distancia relativamente grande del sáculo esporífero. Esporas entre 45-80 μm de diámetro. Esporas globosas a subglobosas, usualmente piriformes. <i>I. schenkii</i> .
<i>Archaeospora</i>	Formación de la espора a muy corta distancia del sáculo esporífero. Esporas entre 37.5- 78.0 μm de diámetro. Germinan a través de una estructura irregular. Sáculo esporífero con desarrollo lateral de la espора similar a <i>Acaulospora</i> . <i>A. trappei</i> .
<i>Diversispora</i>	Conexión hifal es insertada como en bate de béisbol. Esporas entre 75-110 μm de diámetro. <i>Glomus</i> grupo <i>diversispora</i> . <i>D. eburnea</i> , <i>D. spurca</i> , <i>D. versiforme</i> .
<i>Otospora</i>	Hifa de conexión perpendicular y a veces se observa el sáculo. <i>O. bareai</i> .
<i>Acaulospora</i>	Presencia de sáculo, pero es lateral y no terminal, por lo tanto, no presentan tallo. Paredes: externa con tres capas, mediana delgada y hialina con dos capas, interna con 2-3 capas, de la que germina la espора. La mayoría de las esporas son ornamentadas, solo 5 especies, no lo son. Las especies se diferencian por la ornamentación de la pared. <i>A. bireticulata</i> , <i>A. capsicula</i> <i>Acaulospora cavernata</i> <i>Acaulospora gedanensis</i> <i>A. koskei</i> , <i>A. lacunosa</i> , <i>A. mellea</i> , <i>A. morrowiae</i> , <i>A. myriocarpa</i> , <i>A. paulinae</i> , <i>A. polonica</i> , <i>A. rehmi</i> , <i>A. scrobiculata</i> , <i>A. splendida</i> , <i>A. thomii</i> .
<i>Kuklospora</i>	Dos cicatrices como en <i>Entrophospora</i> , si no haysáculo. Se origina del contenido del sáculo. Paredes: externa con tres capas, mediana delgada y hialina con dos capas, interna con 2-3 capas, de la que germina la espора. Aparecen con colores amarillo, naranja y café. <i>K. colombiana</i> , <i>K. kentiniensis</i> .

Fuente: Sánchez de P et al. (2010).

F. Beneficio de los hongos de micorriza arbuscular.

Ventajas y beneficios (AM) según Smith y Read (2008):

- Aumentan la capacidad de absorción de fósforo y nutrientes de lenta difusión en el suelo reduciendo su dependencia a fertilizantes.
- Aumentan la tolerancia a periodos de sequía y al déficit hídrico.
- Aumentan la tolerancia al aluminio, a la toxicidad por metales pesados y contaminantes orgánicos.
- Potencialmente incrementan el crecimiento de la planta y la uniformidad en cultivos.
- Actúan sinérgicamente con bacterias fijadoras de nitrógeno y microorganismos solubilizadores de fósforo, estableciéndose una relación tripartita.
- Aumentan la tolerancia de las raíces a patógenos del suelo (nemátodos, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y otros).
- Aumentan la agregación del suelo mejorando su estructura mediante la producción de glomalina, glicoproteína que actúa como un pegante natural de las partículas del suelo. Además, la glomalina constituye un componente importante de la materia orgánica del suelo y es clave para el almacenamiento de carbono en el suelo.
- Funcionan como un mecanismo de restauración ecológica de los suelos.
- Aumentan la biodiversidad vegetal en el ecosistema como producto de la biodiversidad de especies de HMA.

G. Influencia de los principales factores edáficos que influyen sobre micorriza arbuscular.

Factores que afectan a la micorriza arbuscular son:

Factores físicos

- Temperatura: tiene una acción directa sobre el porcentaje de crecimiento radical y sobre la producción de nuevas raíces, en la misma dirección, ésta juega también un papel muy importante en el establecimiento de las

micorrizas, las temperaturas óptimas para el crecimiento de las micorrizas varían entre 17 y 27°C para la mayoría de estos hongos (Molina sf).

- Es evidente que existen HMA que realizan la esporulación en rangos de 24 y 30 °C tal y como sucede con especies de los géneros *Glomus*, *Gigaspora* y *Acaulospora* (Schenck y Smith, 1982).
- Agua: Las plantas micorrizas presentan una mayor capacidad para obtener agua de los poros del suelo inaccesible para las raíces de las plantas sin micorrizar gracias a una mayor superficie de absorción y a una mayor capacidad para extraer el agua en suelo con bajo potencial hídrico (Lehto y Zwiasek, 2011). De hecho, se estima que la densidad de las hifas del micelio extraradical puede ser desde 1 a 100 m por gramo de suelo (Smith, et al., 2010). Por otro lado, el diámetro de las hifas es mucho menos que el de las raíces y tiene la capacidad para ajustarse al tamaño de los poros del suelo (Drew, et al., 2002), por lo que el acceso de agua y nutrientes en suelos secos o compactados es mucho mayor que el de las plantas no micorrizadas.

Factores químicos

- pH: La colonización radicular estuvo directamente correlacionado con acidez de suelo, en donde un pH ligeramente más neutro posibilita mejores condiciones para la colonización de HMA, a pesar de ser biotipos tolerantes a la alta acidez de los suelos Amazónicos, esta dependencia no es exclusiva de este grupo de organismos, en general toda la microflora edáfica está fuertemente relacionada con el pH, la mayoría de los géneros se aislaron en un rango de pH entre 4.0 y 5.0, siendo este su pH natural para desarrollar la simbiosis, establecerse en el suelo y esporular (Peña et al., 2006).
- Fosforo: El micelio externo explora el suelo y toma el fosfato inorgánico o es capaz de hidrolizar el fosfato orgánico (fosfatasa), es transferido a las vacuolas fúngicas donde es polimerizado para formar cadenas de poli-

fosfato, las vacuolas son transportadas a las hifas internas; el fosfato se libera al espacio interfacial mediante transporte pasivo, una vez en el citosol el fosfato es traslocado al sistema vascular y distribuido a la planta (Fagro, 2009).

- Nitrógeno: Son variadas, en general sales de amonio, aminoácidos y otras formas de N-orgánico son rápidamente utilizadas, los nitratos son menos empleados (Frioni, 2006).

2.2 Suelo

2.2.1 Definición

El suelo es la base de la agricultura, por ser el medio dónde se desarrollan las raíces de las plantas y de dónde ellas toman el agua y el alimento (INIA, 2015), considerando como un conjunto de cuerpos materiales de la superficie terrestre que contiene materia viva (Plaster, 2000). En edafología se considera el suelo como medio de cultivo, como una mezcla de materiales minerales y orgánicos, y capaz de soportar la vida vegetal (Thompson y Troeh, 1988, Bonciarelli, 1988).

El termino suelo, que deriva del latín solum, y significa piso (Navarro, 2003). Está compuesto por partículas minerales: agua, aire, materia orgánica y organismos vivos, animales pequeños, como por ejemplo los insectos, y microorganismos que no se ven a simple vista (INIA, 2015), diferenciado en horizontes de profundidad variable y distinto al material parental subyacente, por poseer propiedades físicas, composición química y características biológicas diferentes, es considerado como un sistema de tres fases: sólida, líquida y gaseosa (Adams, 1995).

Además de ser un recurso fundamental e insustituible para la producción, el suelo tiene otras funciones, como ser, su intervención en el ciclo del agua. Es de suma importancia, lograr un uso sostenible del suelo, lo que implica producir sin comprometer su productividad futura (INIA, 2015).

2.2.2 La rizosfera

Las plantas y sus sistemas radicales irrumpen dentro de los componentes biológicos y marcan un hito especial en los suelos: generan una interfase llamada rizosfera, en la cual, las raíces de las plantas se interrelacionan con todas las propiedades del suelo, entre sí y generan nuevas condiciones (Sánchez de P et al., 2010).

Para que la planta pueda crecer en altura, requiere de un sistema radical que le permita anclaje, colonización del suelo, absorción de nutrientes, defensa, entre otros. La primera inversión para desarrollar raíces, parte del carbono orgánico almacenado en la semilla, y tan pronto empieza a fotosintetizar, continúa a partir de las moléculas producto. Estos fotosintatos además de formar raíces y permitir su metabolismo, liberan una parte al suelo a través de exudados radicales conocidos como rizodeposiciones. Algunos autores calculan que la planta traslada a la raíz entre el 30 y el 60% del carbono proveniente de la fotosíntesis (Sánchez de P et al., 2010).

2.2.3 Perfil y horizontes del suelo

Existe seis horizontes o capas principales conocidas:

Horizonte O: Esta capa es generalmente la capa más externa del suelo, está formada principalmente por la acumulación de material orgánico como las hojas, ramas, musgo y líquenes en varias etapas de descomposición (FAO, 2017).

Horizonte A: este horizonte se encuentra muy cerca de la superficie y es llamado comúnmente mantillo, contiene grandes cantidades de minerales (arena, limo y arcilla) y materiales orgánicos, es a menudo la capa más fértil del suelo, rica en humus (FAO, 2017).

Horizonte E: este horizonte posee un color claro y sus materiales son lixiviados con facilidad. La lixiviación sucede cuando los nutrientes que están disueltos en el suelo se pierden porque la precipitación o la irrigación los arrastra (FAO, 2017).

Horizonte B: también llamado subsuelo, esta capa tiene usualmente un color más claro que el horizonte A ya que contiene menos materia orgánica, se forma debido a la acumulación de los minerales que fueron lixiviados de los horizontes A y E (FAO, 2017).

Horizonte C: este horizonte se encuentra entre el suelo y el lecho de roca subyacente, o la capa R. este se encuentra menos meteorizado, o desintegrado, que los horizontes superiores, que contiene materiales sueltos y parcialmente desintegrados de la capa R (FAO, 2017).

Horizonte R: esta capa está hecha de roca madre sólida, la cual yace debajo del suelo, esta roca también se conoce como lecho rocoso o material parental granito, basalto y piedra caliza o arenisca endurecido (FAO, 2017).

2.2.4 Clasificación de suelo

Los suelos son de origen sedimentado, de textura arcillosa a arcillo-arenoso, drenaje pobre, fácilmente compactable. Según la clasificación de FAO, existen los siguientes tipos de suelos (Flores, 2010).

Glysol: ocurre en terrenos con inundación frecuente o temporal, de topografía plana y ondulada, sobre las colinas bajas y suaves a colinas altas suaves. En estos lugares donde se empoza el agua subterránea en época de lluvia, escasea el oxígeno, formando el estrado Gley de apariencia gris azulada debido a la acción del hierro, el material original lo constituye un amplio rango de materiales no consolidados, principalmente sedimentos de origen fluvial, marino o lacustre, del Pleistoceno u Holoceno. La mineralogía puede ser ácida o básica (Flores, 2010).

Acrisol (Ultisol): ocurre en terrenos con inundaciones frecuentes temporales, en topografía plana y ondulada, sobre colinas bajas y suaves y colinas altas accidentadas, estos suelos están formados por acumulación de arcilla roja-rojo parduzco y manchas roja-arcillosas acumuladas como resultado de la acción oxidoreductora del hierro por el movimiento vertical de la capa freática, sus principales

problemas son muy baja fertilidad, problema de acidez, exceso de aluminio, deficiencias de P (Flores, 2010).

Cambisol (Incetisol): en terrenos de colinas bajas accidentadas y colinas altas suaves y hasta accidentadas (Flores, 2010).

2.3 Caoba

La caoba es originaria de las regiones cálidas húmedas de América tropical, distribuida en México, Centro América, Panamá, Venezuela, Colombia, Brasil, Ecuador y Perú, generalmente por debajo de los 1200 msnm (IIAP, 2009), el rango de distribución natural de caoba en el Perú comprende el ámbito de nueve departamentos del país, estas son de norte a sur comprendido por: Loreto, Amazonas, San Martín, Ucayali, Huánuco, Junín, Cuzco, Madre de Dios y Puno (Martínez et al., 2008). Se le puede encontrar en ámbitos de pluviosidad elevada y constante y no tolera las sequías prolongadas (IIAP, 2009). La especie tiene tendencia heliófila, se le encuentra en bosques disturbados y perduran hasta la condición primaria, usualmente en suelos ligeros, francos a arenosos, de buena fertilidad (IIAP, 2009). Se presenta en suelos bien drenados con pedregosidad baja o nula, es uno de los árboles maderables más valiosos de América y uno de los más apreciados del mundo (Gispert et al., 2002).

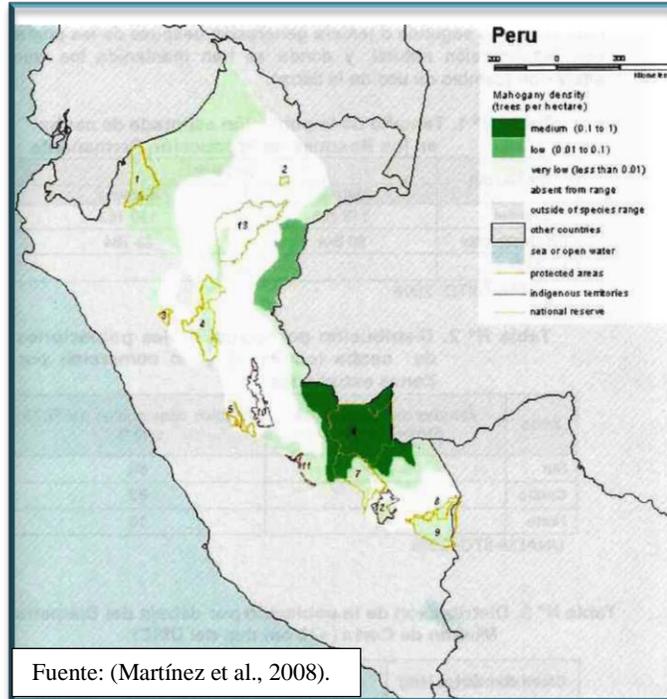


Figura 3. Distribución de caoba en el Perú.

2.3.1 Taxonomía

Flores (2004) describe la taxonomía del árbol de caoba de la siguiente manera:

Nombre común: Caoba.

Nombre científico: *Swietenia macrophylla*.

Sinónimos: *Swietenia candollei* Pittier, *Swietenia tessmanii*, Harms, *Swietenia Krukovii* Gleason.

Familia: Meliaceae



Figura 4. Planta de Caoba.

2.3.2 Descripción botánica

El árbol de caoba es de 12 a 60 m de altura y con un diámetro a la altura del pecho de 60 cm a 2.5 m, su fuste es recto y cilíndrico (ocasionalmente con ramaje grueso y bifurcado), de 80 a 160 centímetros de diámetro arriba de los contrafuertes, en ocasiones de 200 centímetros o más (IIAP, 2009). La corteza áspera, con escamas planas separadas por grietas profundos y de color pardo (Gispert et al., 2002).

A. Raíces: Formado por las raíces primarios, secundarios y terciarios.



Figura 5. Raíz de Caoba (Swietenia macrophylla).

B. Hojas: Con paripinnadas, glabras, con 3 a 4 pares de hojuelas ovales u oval-elípticas (Flores, 2004), alternas de 20 a 40 cm de largo; pecioladas, portando de 6 a 12 foliolos delgados oblicuamente lanceolados por lo regular de 8 a 15 cm de largo y 2.5 a 7 cm de ancho, acuminados en el ápice, agudos o muy oblicuos en la base, haz verde oscuro brillante, envés verde pálido (Saavedra, s.f).

C. Flores y frutos: Presenta flores colocadas sobre panículas de 10 a 20 cm de largo o más, glabras; cáliz 2 a 2.5 mm de largo, lóbulos cortos, redondeados; 5 pétalos ovados de color blanco, 5 a 6 mm de largo; 10 estambres formando un tubo cilíndrico con dientes agudos o acuminados (Saavedra, s.f). Y los frutos tienen forma ovoide (Gispert, et al., 2002), comúnmente de 6 a 25 cm de largo y 2 a 12 cm de diámetro, reducido hacia el ápice en punta, las frutas de color pardo, a veces grisáceo, llegan a su mayor tamaño en la copa del

árbol entre mayo a agosto (Shanley et al., 2012), lisa o diminutamente verrugosa, con 4 y 5 valvas leñosas de 6 a 8 mm de grueso (Saavedra s.f). Dentro de esta cápsula se encuentra hasta 70 semillas grandes y aladas (ICRAF, 2006).

D. Comportamiento Fenológico: El árbol de caoba florece en la Amazonia entre julio y noviembre, desde mediados de la temperatura seca hasta principios de la estación húmeda (Shanley et al. 2012), la maduración de los frutos dura de 8 a 10 meses y la diseminación de semillas ocurre de julio a setiembre. Las semillas son grandes y aladas, siendo fácilmente dispersadas por el viento. Durante la diseminación se presenta una defoliación parcial de la copa. Esta especie posee uno de los ciclos fenológicos más largos en comparación con otras especies del presente estudio (Flores, 2004).

E. Descripción de la semilla: Semilla de color pardo oscuro lustroso. Cotiledones completamente soldados entre si formando un solo cuerpo. Sus dimensiones varían de 70 a 100 mm de largo, 15 a 30 mm de ancho y, de 4 a 8 mm de altura (Flores, 2004).

F. Clima y suelo: La caoba se adapta a diferentes tipos de suelos, crece mejor en sitios de pendiente suave y en suelos francos o franco-arcillosos con pH cercanos a 7; puede crecer también en suelos ácidos (ICRAF, 2006). Asimismo, Geilfus (1994) menciona que necesita un clima más húmedo (1000 hasta 2500 mm) y se ha plantado hasta con 5000 mm de lluvia anual. No tolera sequias muy largas. Se puede plantar a altitudes mayores, pero no soporta heladas ni sequias prolongada. Necesita suelos ligeros, profundos y bien drenados, preferiblemente en los valles.

G. Plaga y enfermedades: La plaga es la mariposa “*Hypsipila grandella*” que ataca los brotes terminales de los árboles jóvenes; en zonas

donde existe esta plaga se recomienda plantar en asociaciones con otras especies. También se reportan ataques de insectos barrenadores de la madera y enfermedades debidos a hongos (Geilfus 1994).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

La investigación estuvo compuesta de dos fases:

- 3.1.1 Fase de campo:** Comprendió las tres diferentes zonas de muestreo, ubicados en los departamentos de Ucayali con el distrito Von Humbolth, departamento de Huánuco con el distrito José Crespo y Castillo y departamento de San Martin con los distritos Banda De Shilcayo y Chazuta descritas en tabla 3.

Tabla 3. Coordenadas geográficas, altitud y edad en cada zona de muestreo

Zona de muestreo	Localidad	Coordenadas geográficas	Altitud	Edad
CH	Chazuta, San Martin	6°34'21.37"S 76° 8'32.82" W	228 msnm	1
BH	Banda De Shilcayo, San Martin	6°31'35.65"S 76°17'56.68 W	319 msnm	1
CFI	Alexander Von Humboldt, Ucayali	8°50'06.62"S 75° 3'30.96" W	234 msnm	10
CAR	José Crespo y Castillo, Huánuco	8°54'34.98"S 76° 8'56.48" W	558 msnm	13
CAI	Alexander Von Humboldt, Ucayali	8°49'58.71"S 75° 3'20.62" W	226 msnm	16

Fuente: propia

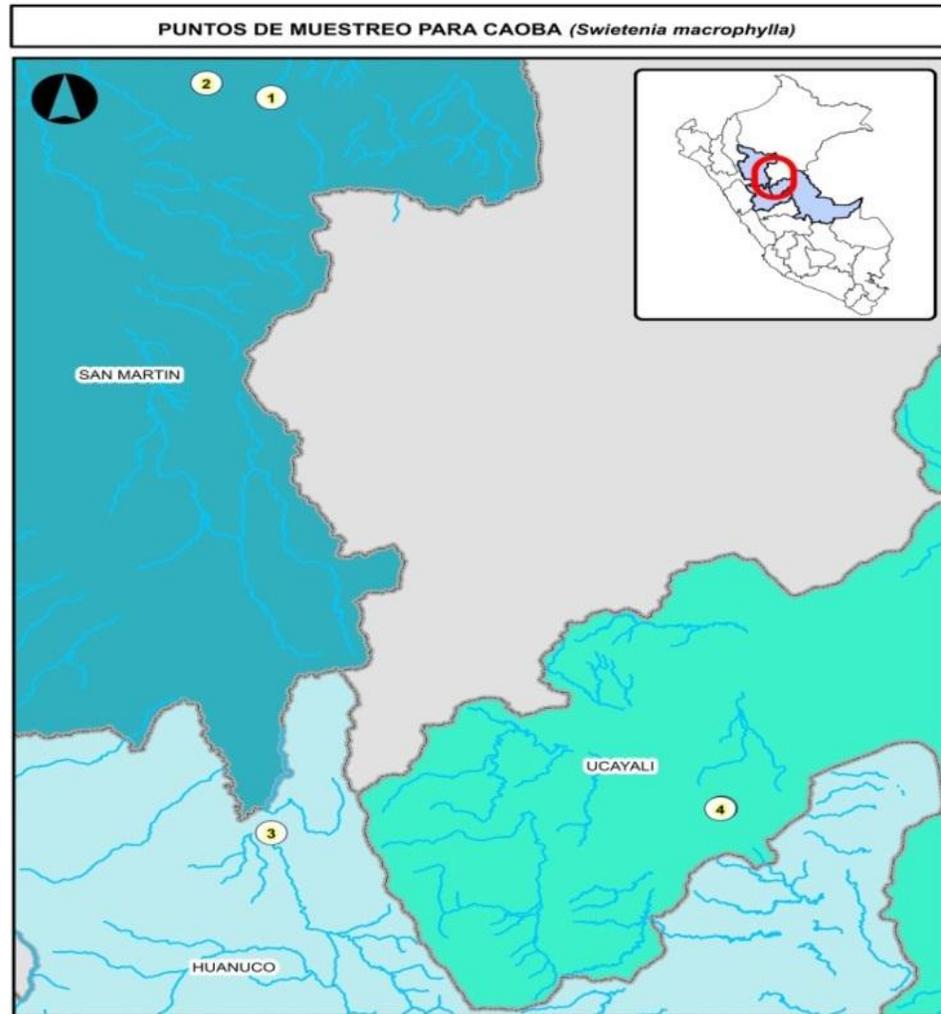


Figura 6. Mapa de ubicación de las zonas de estudios

Condiciones meteorológicas

Las cinco zonas de muestreo se clasificaron como clima del tipo muy lluvioso, cálido, muy húmedo, con invierno seco, permanentemente húmedo, estas zonas se caracterizan por ser muy inestables (disminución de la temperatura con la altura), la temperatura promedio anual de verano a invierno es de 27°C y en periodos de friaje bajan hasta 10° C, más hacia el norte con menor magnitud (SENAMHI, 2018).

3.1.2 Fase de laboratorio:

Se llevó a cabo en el laboratorio de entomología, pruebas biológicas y bioterio, en el Centro de Investigaciones Dale E. Bandy del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), localizado en el Km. 12.400 de la Carretera Federico Basadre provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali, ubicada geográficamente a 8°22' 31" S; 74° 34' 35 O y una altitud de 154 m.s.n.m".



Figura 7. Laboratorio de entomología, pruebas biológicas y bioterio

Identificación dendrológica de especies forestales

Se identificó el material botánico mediante la utilización de claves taxonómicas, comparación con especímenes existentes, revisión de material bibliográfico y de base de datos en línea (Flores, 2019).

Tabla 4. Especies identificadas

zonas de muestreo	Código	Nombre común	Familia	Género	Especie
CFI	Muestra 1	Caoba	Meliaceae	<i>Swietenia</i>	<i>macrophylla</i>
CAI	Muestra 2	Caoba	Meliaceae	<i>Swietenia</i>	<i>macrophylla</i>
CH	Muestra 3	Caoba	Meliaceae	<i>Swietenia</i>	<i>macrophylla</i>
BH	Muestra 4	Caoba	Meliaceae	<i>Swietenia</i>	<i>macrophylla</i>
CAR	Muestra 5	Caoba	Meliaceae	<i>Swietenia</i>	<i>macrophylla</i>

Fuente: (Flores, 2019).

3.2 Población y Muestra.

3.2.1 Población

La población estuvo compuesta de todos los hongos de micorrizas arbusculares que se encuentren asociados a caoba (*Swietenia macrophylla*).

3.2.2 Muestra

Se muestrearon 15 árboles para la obtención de muestras de suelo, de los cuales se seleccionaron solo 8 para obtener la muestra de raíces de caoba (*Swietenia macrophylla*) en cada una de las cinco zonas muestreadas.

La tipología para procedencia en el análisis es el siguiente:

CH = Chazuta

BH= Bello Horizonte

CAR = Aucayacu

CFI = INIA Fincyt

CAI = INIA Agrobosque

3.3 Recolección de datos

3.3.1 Fase de campo

Los árboles de caoba (*Swietenia macrophylla*) se ubicó por muestreo al azar, marcados con tiras de plástico color amarillo y geo-referenciados con la ayuda de un GPS por área de muestreo.

A. Muestreo del suelo:

Consistió en extraer cuatro muestras en cada árbol, cada muestra de 150 g de suelo, siguiendo la dirección de los puntos cardinales (N – S – E – O), cada uno distanciados del tronco a la mitad de la proyección de la copa, a una profundidad de 20 cm, se obtuvo 15 unidades muestrales para el estudio, para la cual se utilizó la metodología de (Ruiz et al., 2011). Las muestras se obtuvieron con un muestreador de suelo.



Figura 8. Muestreo de suelo.

B. Muestreo de raíz:

Se excavo las raíces de 8 plantas siguiendo las direcciones de las raíces superficiales del árbol de caoba (*Swietenia macrophylla*), con el objeto de ubicar raicillas de máximo 1 mm de diámetro en cantidad suficiente para contar con 30 segmentos de 1 cm por planta. Posterior al cual se tapó la raíz de acuerdo a la metodología de (Rocha et al., 2015).



Figura 9. Muestras de raíces a) Excavando raíces de caoba b) Raicillas de caoba

Análisis de suelo

Por cada parcela, las muestras de suelo se agruparon dando como resultado una muestra por sitio. Para cada muestra se midieron las siguientes variables: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, clase textural, capacidad de intercambio catiónico y cationes (Tabla 5).

Tabla 5. Propiedades físico químicas del suelo por zona de muestreo

Número de Muestra	C.E.						Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases	% N
	pH	(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺				
	(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm			meq/100g								
CAI	4.91	0.19	0	1.9	2.6	94	Fr.Ar.	17.6	9.76	2.55	0.17	0.07	0.55	13.1	12.55	71	0.1
CFI	4.73	0.21	0	2.55	2.5	90	Fr.Ar.	19.2	7.81	1.93	0.18	0.09	1.35	11.36	10.01	52	0.12
BH	4.9	0.12	0	1.25	4.2	52	Fr.A.	6.4	3.13	0.63	0.12	0.1	0.1	4.09	3.99	62	0.1
CH	6.03	0.27	0	3	9.2	223	Ar.	28	23.9	3.55	0.42	0.13	0	28	28	100	0.22
CAR	5.61	0.21	0	1.93	9.7	92	Fr.	11.5	7.54	1.57	0.16	0.06	0.1	9.43	9.33	81	0.11

Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria la Molina

3.3.2 Fase de laboratorio.

Se trasladaron las muestras de suelo y raíces al laboratorio de Entomología, Pruebas Biológicas y Bioterio del centro de investigaciones Dale E. Bandy del IIAP- Ucayali.

Las muestras de raíces se pusieron en alcohol al 50% y en refrigeración a 4°, para que se mantengan y cada muestra de suelo compuesta obtenido de un árbol se procedió a homogenizar previo a la evaluación.

A. Evaluación de esporas de HMA

Según la técnica descrito por Sánchez de P et al (2010) y el método descrito por Ruiz y Rojas (2011), que consiste en el tamizado y decantado por vía húmeda de los propágulos del hongo, en el que consistió en:

Procedimientos:

1. Se tomó una muestra de 20 gramos de suelo previamente tamizada y al mismo tiempo una muestra similar con el fin de estimar la humedad del suelo.
2. Se tomó 20gr de la muestra y se disgregó por 2-3 minutos en un vaso precipitado de 250 ml con 100 ml de agua, para deshacer los terrones y desprender esporas que se encuentren adheridas a las raíces.
3. Se colocó la muestra en una probeta de 500 ml y se completó con agua.
4. Se realizó 5 movimientos de vaivén y se dejó reposar por 15 segundos.
5. Luego, se pasó el sobrenadante por tamices de 250 y 45 micras, teniendo cuidado de no remover el material sedimentado al fondo de la probeta.
6. Se recogió cuidadosamente lo que quede sobre el tamiz de 45 μm con una piceta de 250 ml y se pasó a tubos para centrífuga de 50 ml marca Hettich, modelo Rotina 420R (previamente rotulados) en forma individual. El volumen del tubo con muestra y agua no debe sobrepasar los 30 ml.
7. Se agitó el fondo de cada tubo con ayuda de una vagueta.
8. Con la jeringa para sacarosa se tomó aproximadamente 20 ml de sacarosa al 70% y cuando la muestra no presente agitación, se adicionó a presión al fondo

- de cada tubo preparado, hasta completar 50 ml. La jeringa se lavó superficialmente con agua, después de cada adición.
9. Se equilibró los pesos de los tubos con agua en una balanza de precisión marca Ohaus modelo OH-9988 para que todas las muestras tengan un mismo peso.
 10. Con mucho cuidado se llevó los tubos a una centrífuga marca Hettich, modelo Rotina 420R con ángulo libre y se centrifugó a 3350 rpm por 4 minutos.
 11. Inmediatamente, tras centrifugar la muestra, se colocó el sobrenadante sobre el tamiz de 45 micras y se lavó cuidadosamente para eliminar los restos de la solución azucarada.
 12. Con la ayuda de una piceta se vertió las esporas sobre una placa petri para su observación y conteo con la ayuda de un estereoscopio marca Olympus modelo SZ2-ILST a 40x y un contómetro.

Conteo de Esporas de HMA.

Procedimiento:

Se empleó placas petri de 52.3 x 78.41 mm, las cuales fueron marcadas con líneas horizontales separadas a 0.5 cm entre sí donde se estableció campos de conteo en el estereoscopio marca Olympus, modelo SZ2-ILST.

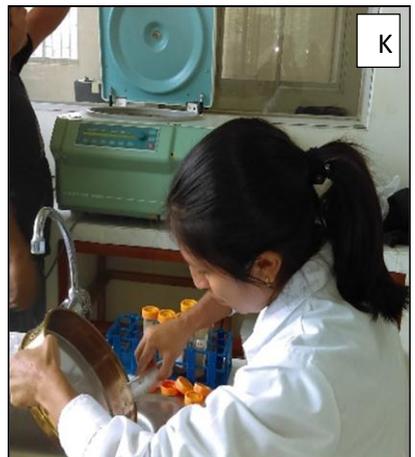
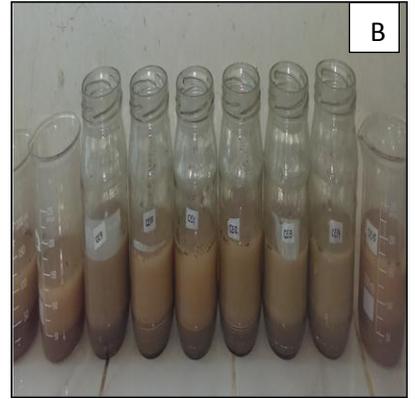
Normalmente el conteo se expresa en número de esporas de HMA/100 gramos de suelo seco (Sánchez de P, 2010).

$$\text{No. esporas} = \left(\frac{\text{Esporas contadas}}{\text{Peso muestra}} \right) \times \frac{P_i}{P_f} \times 100$$

Dónde: Peso muestra = peso de la muestra de donde se extraen las esporas.

P_i = Peso inicial de la muestra usada para determinar humedad.

P_f = Peso final de la muestra usada para determinar humedad.



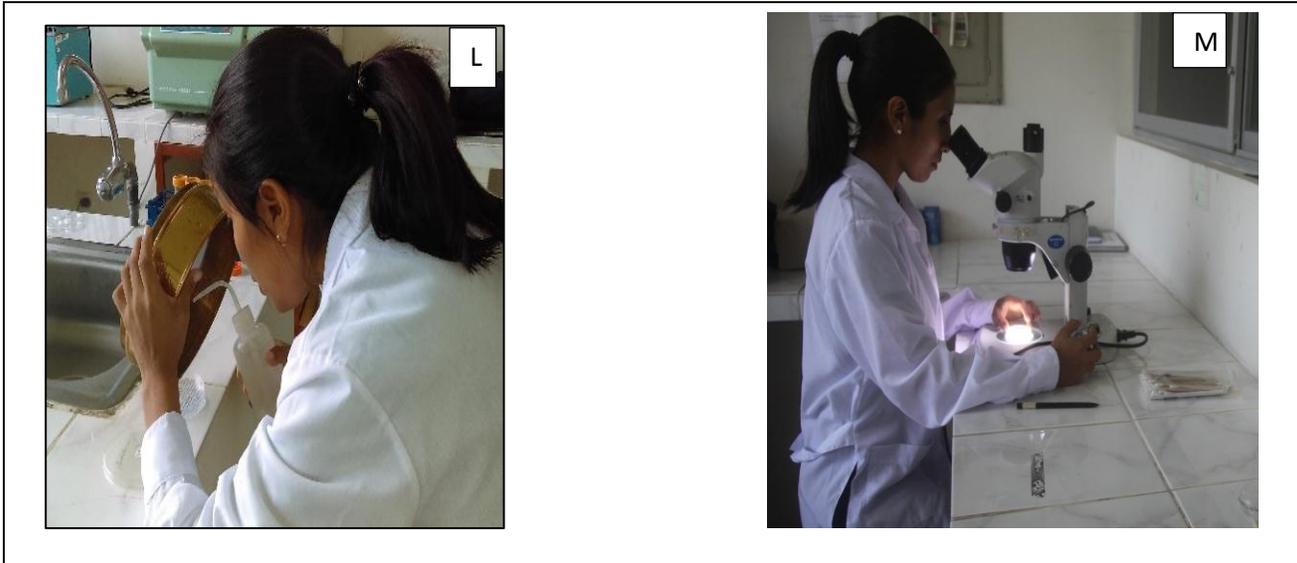
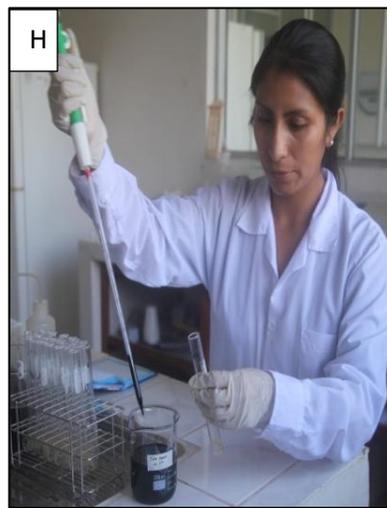


Figura 10. Extracción y aislamiento de esporas de HMA a partir del suelo. A) Muestra de 20 gramos de suelo B) Muestra disgregado C) Muestra en una probeta de 500 ml D) 5 movimientos de vaivén E) Sobrenadante por tamices F) Recojo lo que quedó en el tamiz de 45 μm G) Se agitó el fondo de cada tubo H) Con jeringa para sacarosa se adicionó sacarosa al 70% I) Se equilibró los pesos de los frascos J) Tubos colocados en la centrífuga K) Colocando el sobrenadante sobre el tamiz L) se vertió las esporas sobre placa Petri M) Evaluación.

B. Evaluación de intensidad micorrízica

Se siguió el procedimiento adaptado por Rojas, 2018 que consistió en:

1. Se colectó biomasa radicular, las cuales se lavaron con abundante agua hasta desprender las partículas de suelo.
2. Se seleccionó las raíces más finas (secundarias y terciarias) y se cortaron en segmentos de un 1 cm por 10 repeticiones tomadas al azar de caoba (*Swietenia macrophylla*) por cada muestra (8 muestras) y se colocaron en tubos de ensayo de 25 ml previamente rotulados.
3. Se agregó solución de hidróxido de potasio (KOH) al 10% donde las raíces permanecieron inmersas por un tiempo de 6 horas para aclarar y eliminar pigmentación.
4. Se cambió el KOH y se puso en baño maría marca Gemmy por 30 min a 90°.
5. Se eliminó el KOH y se agregó peróxido de hidrogeno 20 volúmenes dentro de los tubos de ensayo por un tiempo de 30 min para ayudar a clarificar mejor las raíces.
6. Se eliminó el peróxido de hidrogeno y se enjuago tres veces con agua, para el teñido de raíces se agregó una solución conteniendo colorante de tinta Parker 5% y se llevó a baño maría marca Gemmy por 1 min a 90°.
7. Se descartó el tinte y se enjuago con agua por tres veces, luego se agregó la solución de lactoglicerol para eliminar el exceso de tinta y se dejó por 7 horas.
8. Las raíces teñidas se distribuyeron en placas Petri, luego se realizó el montaje en láminas portaobjetos previamente rotulados en 10 segmentos de 1 cm y se añadió lactoglicerol, se cubrió las raíces con láminas cubreobjetos y se selló con esmalte transparente.



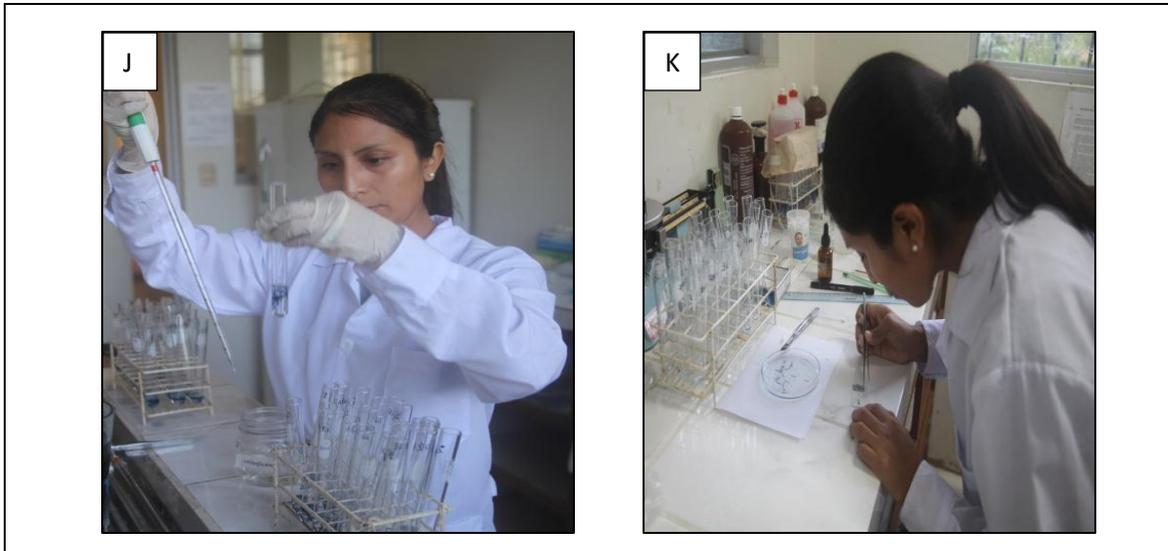


Figura 11. Preparación de la muestra para determinar intensidad micorrízica. A. Muestras de raíces B. Se colocó las raíces en tubos de ensayo de 25 ml C. Agregando solución de KOH al 10% D. Cambio KOH E. Raíces con KOH puesto a baño maría F. Agrego peróxido de hidrogeno G. Elimino el peróxido de hidrógeno y se lavó 3 veces H. Uso tinta de Parker 5% para la tinción de raíces I. Se enjuago con agua las raíces J. Se agrego la solución de lactoglicerol K. Realizando montaje.

9. Con la ayuda de un microscopio marca Zeiss se evaluó los fragmentos de raíces (10) haciendo el conteo de estructuras HMA como hifas, vesículas, arbuscúlos y esporas a un aumento de 10 y 40x.

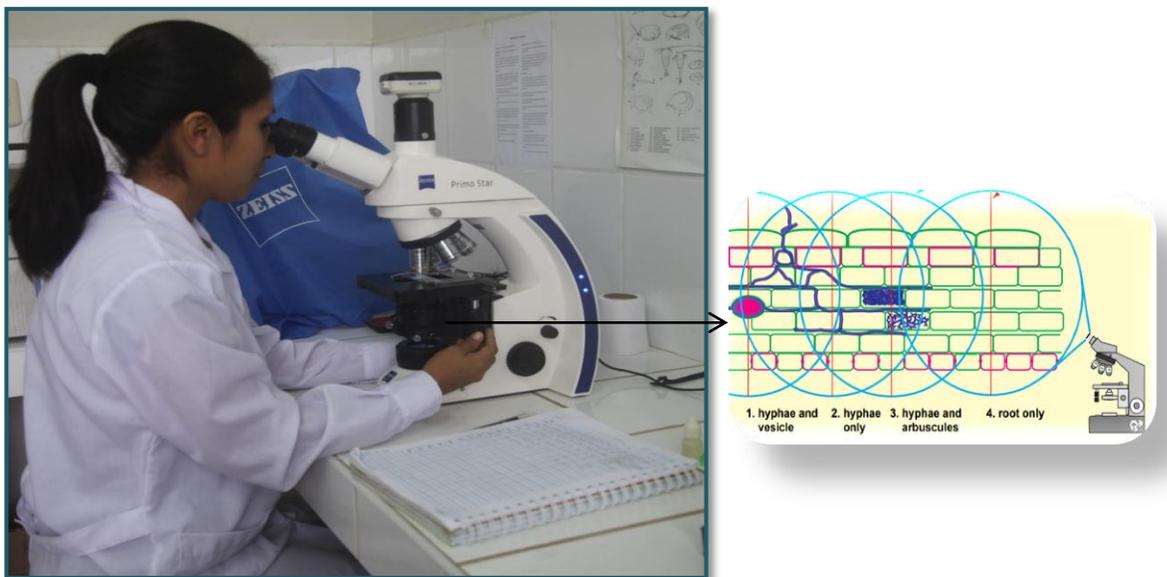


Figura 12. Observación de estructuras HMA en el microscopio

10. La fórmula usada para calcular la intensidad micorrizica fue:

$$\%M = (n1 + 5(n2) + 30(n3) + 70(n4) + 95(n5) / N$$

N= Número total de segmentos observados

n=Números de segmentos asignados con el índice 0, 1, 2, 3, 4 y 5

Trovelot *et al* 1986

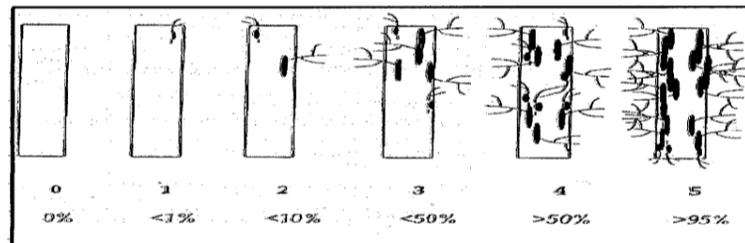


Figura 13. Escala gradual de intensidad de colonización, según Trovelot *et al* 1986 (como se citó por Gómez *et al.* 2011)

3.3.3 Técnicas e instrumentos de medición

Se realizó las siguientes técnicas e instrumentos para la evaluación de las variables en estudio.

- Evaluación de esporas de HMA

Para la observación y conteo de esporas se hizo uso de los instrumentos: estereoscopio marca Olympus modelo SZ2-ILST a 40x y un contómetro.

El conteo se expresó en número de esporas de HMA/100 gramos de suelo seco (Sánchez de P *et al.*, 2010).

- Intensidad micorrízica

Para cuantificar el porcentaje de intensidad micorrízica de las raíces de *Swietenia macrophylla* caoba.

Se realizó de forma visual usando el microscopio marca Zeiss y según la fórmula de según Trovelot *et al* 1986 (como se citó por Gómez *et al.* 2011)

$$\%M = (n1 + 5(n2) + 30(n3) + 70(n4) + 95(n5) /N$$

N= Número total de segmentos observados

n=Números de segmentos asignados con el índice 0, 1, 2, 3, 4 y 5

- Identificación de especies de HMA

De las 15 muestras de suelo extraídas se obtuvo una mezcla compuesta para su análisis. La identificación a nivel de especie fue realizada por el Dr. Ewald Sieverding a partir de la clasificación propuesta por (Oehl et al,2011).

3.3.4 Propuesta experimental

El análisis estadístico se realizó ejecutando el software estadístico R versión 3.5. Para cuantificar el número de esporas se empleó las pruebas no paramétricas de kruskal y Wallis. Para intensidad micorrízica se empleó análisis de varianza. La generación de gráficos se empleó la herramienta o correlación de Pearson.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Número de esporas de HMA

4.1.1 Número de esporas por procedencia.

La prueba realizado por acuerdo a kruskal y Wallis reportó evidencia de la significancia estadística ($p < 0.05$), entre variable, al comparar la variable número de esporas con cada una de los lugares de procedencias. La comparación post hoc de comparación de rangos (figura 14) nos indica la formación de dos grupos, siendo CH (Chazuta) y BH (Bello Horizonte) las que presentaron mayor número de esporas en 1g de suelo, en tanto (CAR=Aucayacu) obtuvo un menor de número de esporas en 1g de suelo.

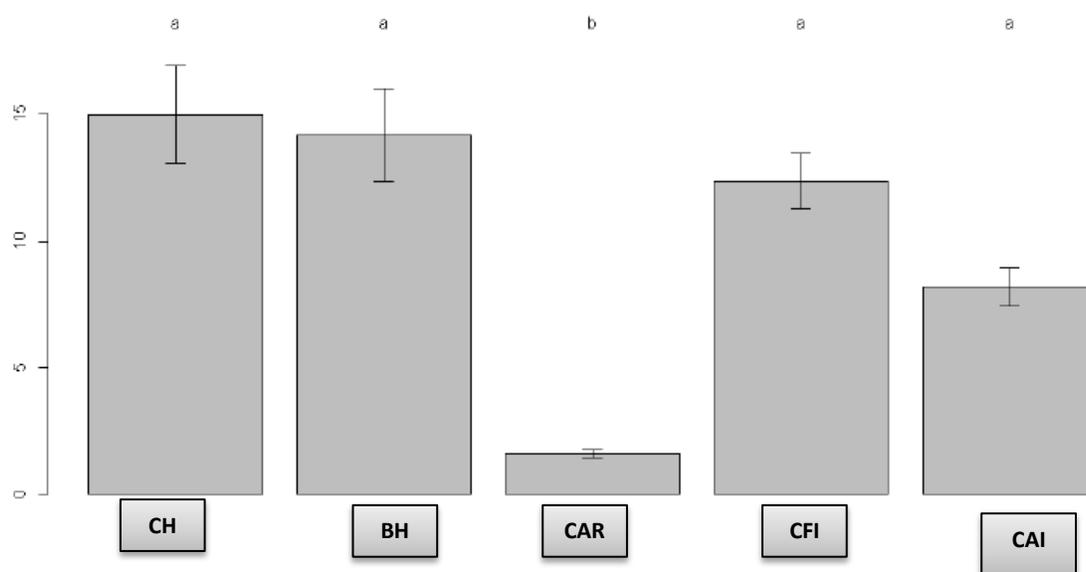


Figura 14. Gráfico de barras de número de esporas por procedencia.

Los resultados obtenidos de la rizosfera de *Swietenia macrophylla* caoba, de los cinco diferentes zonas de procedencia, indican que la abundancia de espora encontrados en un 1g de suelo fue mayor para las muestras de la Región de San Martín, Chazuta (CH=15 esporas g^{-1} suelo), seguido de Bello Horizonte (BH= 14 esporas g^{-1} suelo), INIA Fincyt (CFI= 12 esporas g^{-1} suelo) y INIA Agrobosque (CAI= 8 de la Región de Ucayali, en tanto que el menor número de esporas encontrados fue para Aucayacu (CAR=2 esporas g^{-1} suelo) de la Región de

Huánuco esporas g^{-1} suelo). No obstante, los resultados del estudio realizado para determinar la abundancia de HMA asociada a *Swietenia macrophylla*, fueron menores a los encontrados por López y Peña (2018), quienes registraron 20 esporas g^{-1} suelos, de un bosque altoandino colombiano encontrado mayor número promedio de esporas del estado maduro (V). Estas variaciones de abundancia de esporas en diferentes lugares de estudio, puede estar influenciado al tipo de suelo arcilloso que presentó CH, a los niveles altos de materia orgánica (3 %), potasio (223 ppm) y CIC (28 meq/100g.), también a la presencia de arcilla en el suelo de BH como se indica en la tabla 5, estos suelos van a favorecer mejores condiciones de humedad, por ende, permite una mayor dispersión y exploración del micelio en el suelo. Asimismo, la arcilla retiene gran cantidad de agua y de nutrientes debido a la microporosidad y a su elevada capacidad de intercambio catiónico. Por otro lado, también puede estar influenciados por factores bióticos y abióticos que interactúan en un ecosistema determinado, especialmente en los sistemas agroforestales por la diversidad de especies forestales y cultivos asociados que se encuentran en las fincas (Prieto et al., 2012).

De acuerdo a Méndez, (2012) indica las esporas micorrízicas en condiciones favorables son capaces de germinar e iniciar la colonización de raíces hospederas. Así mismo, Smith y Read (2008) mencionan que estos microorganismos tienen la capacidad del mantenimiento de la diversidad de plantas bajo condiciones naturales y con un tipo de suelo adecuado, permitiendo un desarrollo adecuado de dicho organismo.

Tabla 6. Variables en estudio

Muestra	Altura (m)	Diámetro (cm)	P. copa (cm)	N° esporas/1 gr	%M
CH	1.5	3.4	58.1	15	47.5
BH	1.3	3.9	53.1	14	34.6
CAR	21.7	32.4	4.6	2	47.5
CFI	8.5	9.3	1.9	12	44.9
CAI	12.3	15.8	2.6	8	41.1

Fuente: propia

4.1.2 Altura de planta por procedencia de las diferentes zonas

En los resultados de la figura 15, se muestran la altura de las plantas por procedencia, donde se puede observar que se tiene dos procedencias de muestra con árboles de *Swietenia macrophylla* caoba de alturas pequeñas: Chazuta con una 1 año de edad (CH= 1.5 m) y Bello horizonte con una 1 año de edad (BH=1.3 m), dos procedencias de muestra con altura medianas INIA Fincyt (CFI = 8.5m con 10 años de edad e INIA Agrobosque (CAI= 12.3 m con 16 años de edad) y una procedencia con árboles de altura grande como Aucayacu (CAR=21.7 m con 13 años de edad), como se muestra en la tabla 6.

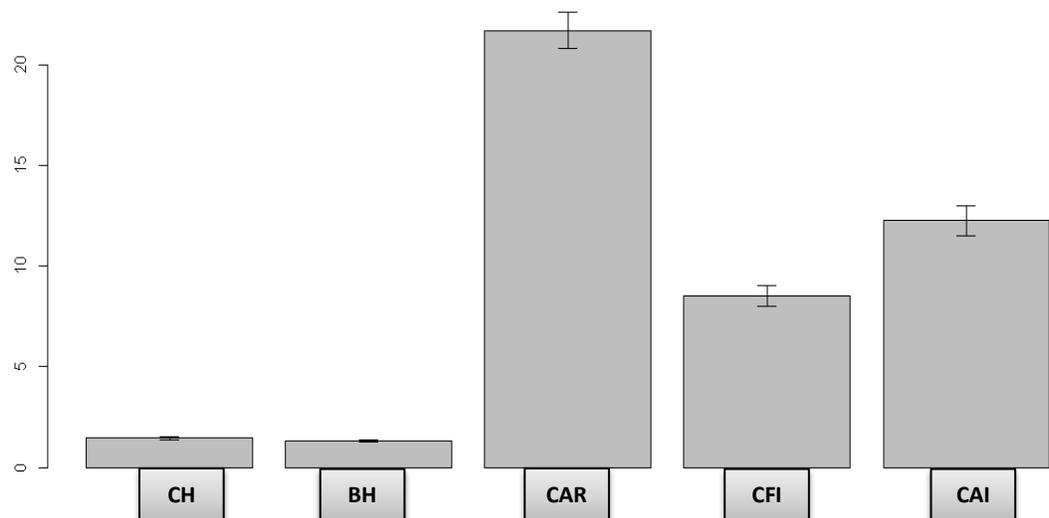


Figura 15. Gráfico de barras de altura de plantas por procedencia.

Se realizó un estudio para relacionar las variables altura de planta de caoba y el número de esporas donde, se muestra un gráfico de dispersión de las variables de número de esporas de acuerdo a la altura de los árboles de *Swietenia macrophylla* caoba, de procedencia de diferentes Regiones (Ucayali, Huánuco y San Martín)

Se observa en la figura 16, que el número de esporas está significativamente relacionado con la altura de planta ($r = -0.68$ y $p < 0.01$), por lo que como resultado de este estudio se pudo evidenciar que, a mayor altura de la planta de caoba, se reduce el número de esporas de HMA en el suelo de muestreado. Es decir, una relación inversa entre la altura de planta de caoba y el número de esporas en el suelo. Por otra parte, cabe mencionar que esta tendencia (relación inversa) es similar cuando se comparan número de esporas con las variables diámetro (CH= 3.4 cm, BH= 2.87 cm, CAR=32.36, CFI=9.32 cm y CAI= 15.83 cm), y edad del árbol mencionada anteriormente.

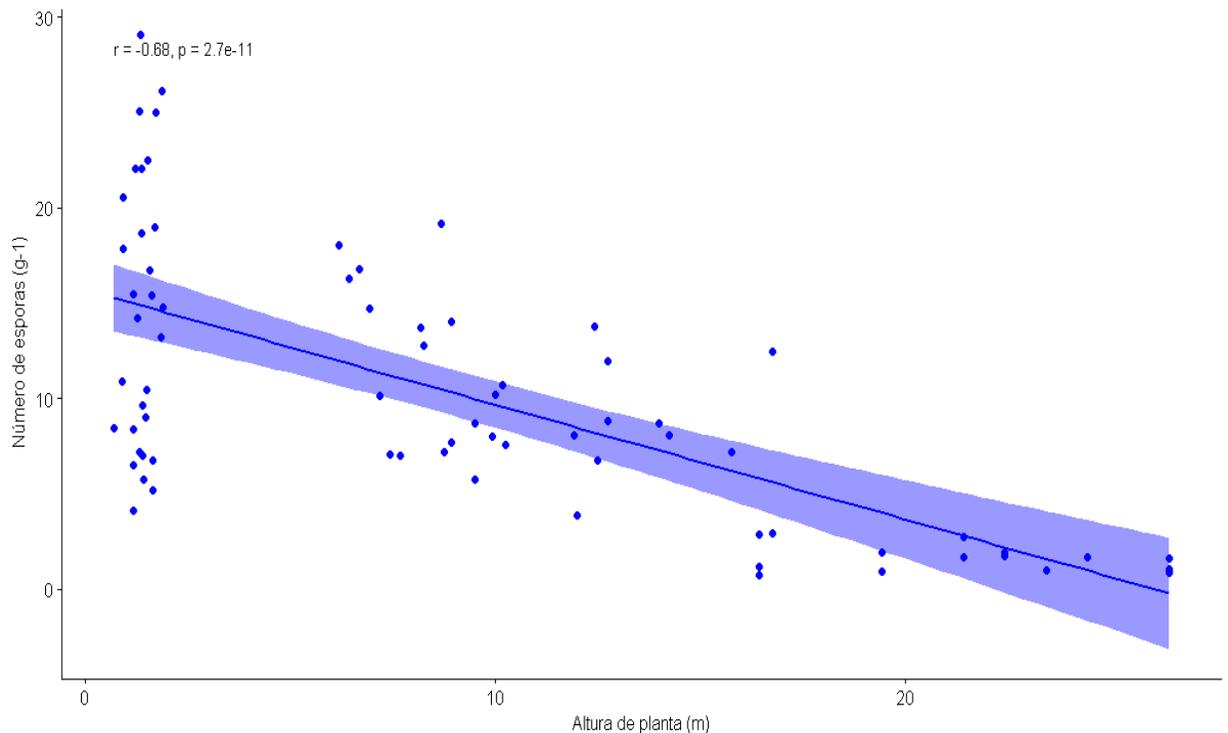


Figura 16. Dispersión de las variables altura de planta y número de esporas:

En los resultados del estudio de investigación realizado en caoba (*Swietenia macrophylla*), se encontró que, en árboles de 1 año de edad, de procedencia (Chazuta=CH y Bello Horizonte=BH) se encontró mayor número de esporas (1500-1400 esporas/100 g de suelo), mientras que, para árboles de 13 años de edad, de procedencia (Aucayacu=CAR) se encontró menor número de esporas (200 esporas/100 g de suelo). Siendo estos resultados superiores a los encontrados por Villasagua (2017), quien realizó el estudio en diferentes fincas de la zona de Vinces, Ecuador en producciones de cacao (*Theobroma cacao* L.), donde encontró en plantas de 1-10 años de edad un promedio de 165 esporas/100 g de suelo y en plantas de 11-20 años de edad de 152 esporas/100 g de suelo. El resultado encontrado en el estudio, se puede deber al tipo de suelo y las variedades de especies vegetales asociados al crecimiento de caoba, estos factores pudieron favorecer al incrementó en número de presencia de HMA por árbol de caoba.

Similares resultados al estudio realizado se observaron en México, donde se realizó un trabajo, por Sánchez (2015), quién identificó géneros de hongos de micorrizicos arbusculares en la rizosfera de *Carya illinoensis* en arboles jóvenes de 10 años en 3 variedades de Wichita y con árboles viejos de 30 años de la variedad Western, donde se logró determinar que en los árboles jóvenes presento un mayor número de esporas a diferencias con los árboles viejos. Estos resultados encontrados son similares a la investigación realizada en caoba, ya que en arboles jóvenes de 1 año se encontró mayor número de esporas que en árboles de 16 años.

4.2 Intensidad micorrízica de Hongos de Micorriza Arbuscular

4.2.1 Intensidad micorrízica (HMA)

En el resultado de análisis de varianza se muestra la figura 17, donde se encontró, una significancia de 0.25, lo que indica que no hay diferencias significativas entre la colonización (intensidad micorrízica) por procedencia (Chazuta, Bello Horizonte, Aucayacu, INIA Fincyt y INIA Agrobosque).

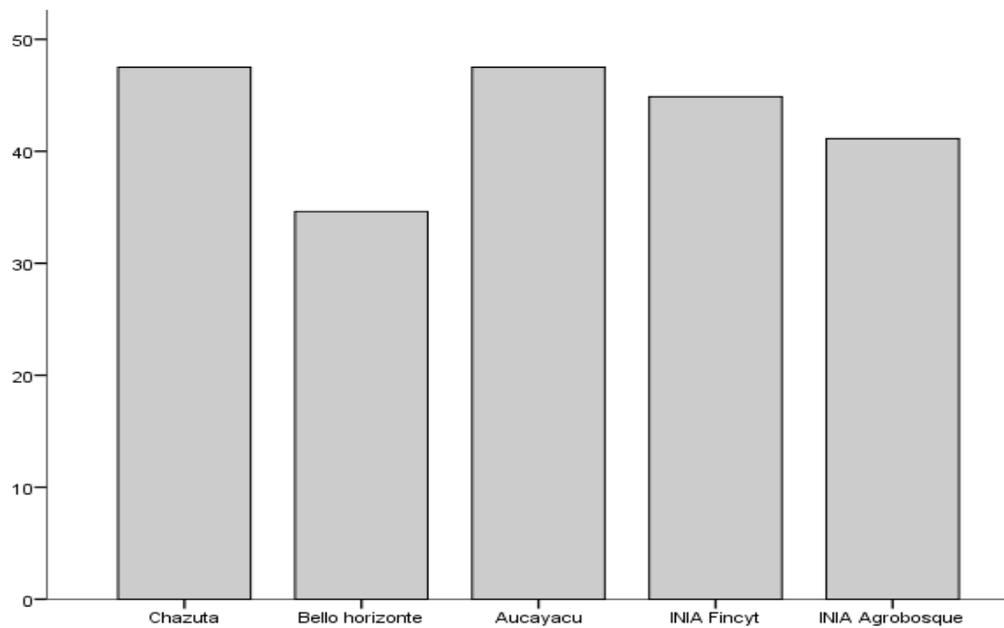


Figura 17. Barras de intensidad micorrízica por procedencia.

Asimismo se observa en la figura 19 que las procedencias con mayor porcentaje de colonización fueron Chazuta e INIA Fincyt (entre 45 y 50%), y las procedencias con menores porcentaje de colonización fueron Bello Horizonte y Aucayacu (menor a 45%).

En el estudio realizado, se muestran los resultados, donde se indica que que no hubo diferencias significativas entre la intensidad micorrízica por procedencia, este resultado puede deberse a que la colonización de hongos de micorrizas arbuscular es alta en la mayoría de árboles en barbechos de bosque

secundario de la Amazonía Peruana (Ruiz et al 2005) y a la capacidad que tiene esta especie para realizar este tipo de asociaciones.

4.2.2 Promedio de la colonización por zonas de hifas (HI, HE), vesículas (V), arbusculos tipo parís (P) y esporas (E).

En la figura 18 se muestra la colonización representada por hifas, vesículas, arbusculos tipo parís y esporas en raíces de *S. macrophylla*, fue diferente en las zonas evaluados. El promedio de colonización para la zona de Chazuta fue 28 para la estructura hifa interna, de acuerdo a Guadarrama y Sánchez, (2004), los hongos micorrizógenos arbuscular aumentan la capacidad de adquisición y asimilación de recursos por parte de la planta hospedera, debido a las hifas externas de estos hongos, ya que poseen una mayor habilidad para explorar el suelo con longitud de hifas (0.03 a 6.95 mg⁻¹ del suelo). Estos hongos pueden explorar una mayor extensión del suelo (hasta de 9 m), asimismo las hifas externas HMA forman agregados por medio de la adhesión de partículas debido a una proteína llamada glomalina, y contribuye a dar la estructura y estabilidad a los suelos.

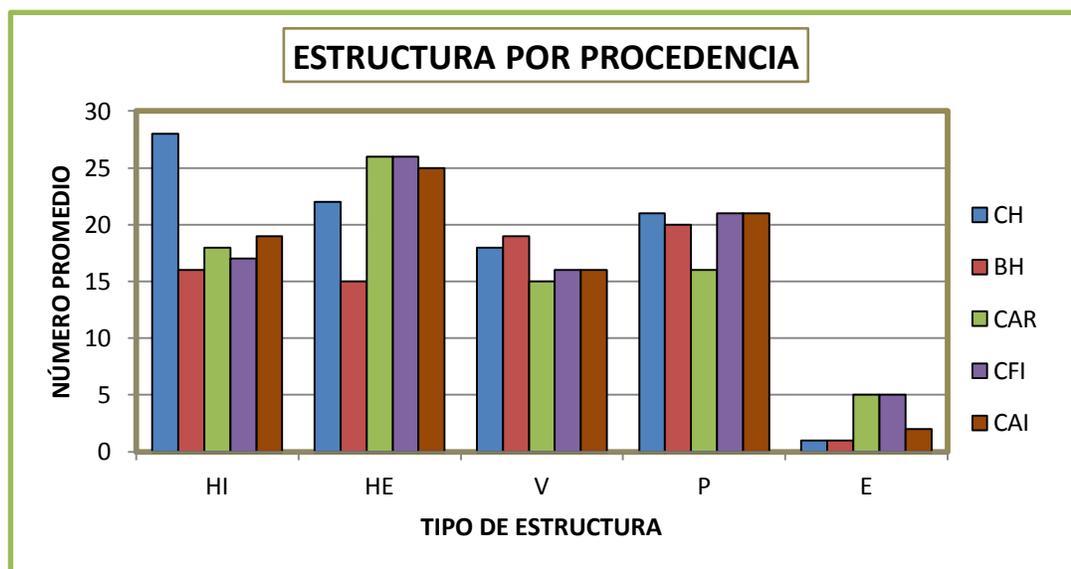


Figura 18. Valores promedio estándar de Estructura Vs Procedencia de las muestras.

Mientras que los resultados para Bello Horizonte la estructura que predominó fue arbuscúlos tipo parís. Según Méndez (2012) menciona que la presencia de arbuscúlos puede verse favorecida por las altas tasas de precipitación; esto se observó en los dos ecosistemas tropicales, donde el nivel de colonización fue mayor al aumentar los niveles de precipitación. Del mismo modo actúan como órganos de intercambio de nutrientes (Aguilera et al., 2007), se puede considerar que las épocas de lluvia junto a la alta colonización por arbuscúlos, son factores que influyeron en el desarrollo celular de esta especie maderable (caoba).

Por otro lado, para las zonas de Aucayacu, INIA Fincyt e INIA Agrobosque la estructura que predominó fue hifa externa.

4.3 Identificación de familias y especies de HMA

Para determinar la identificación de HMA, de las diferentes zonas evaluadas, se envió una muestra representativa y compuesta de suelo de aproximadamente 25 g a Alemania. El análisis de dicha muestra fue realizado por el Dr. E. Sieverding en razón de ello, se presenta a continuación el siguiente cuadro:

Tabla 7. Géneros y especies de HMA asociados a caoba *S. macrophylla*

Nº	Género y especies	BH	CAR	CH	CFI	CAI
1	<i>Glomus ambisporum</i>	x		x	x	
2	<i>G. heterosporum</i>	x		x	x	
3	<i>G. brohultii</i>	x		x		
4	<i>G. macrocarpum</i>			x		
5	<i>Glomus sp. 60 um hialina</i>	x				
6	<i>Glomus sp. Con pared gruesa y espinas</i>		x			
7	<i>Glomus sp. Con pared gruesa hialina</i>				x	
8	<i>Claroideoglomus etunicatum</i>			x	x	
9	<i>Diversispora spurca/lutea</i>			x		
10	<i>D. epigaea</i>	x				
11	<i>Dominikia aurea</i>			x		
12	<i>Rhizoglomus fasciculatum</i>	x		x	x	
13	<i>R. irregularis</i>		x		x	
14	<i>Sclerocystis clavispora</i>					x
15	<i>S. coremioides</i>				x	x
16	<i>Acaulospora kentinensis</i>	x	x			
17	<i>A. morrowae</i>	x	x		x	
18	<i>A. cavernata</i>	x				
19	<i>A. tuberculata</i>	x				
20	<i>A. longula</i>	x		x	x	
21	<i>A. lacunosa</i>	x				
22	<i>A. rugosa</i>			x		
23	<i>A. mellea</i>				x	x
24	<i>A. scrobiculata</i>			x	x	x
25	<i>Acaulospora sp., con depr. regulares y espinas</i>			x		
26	<i>Acaulospora elongate, morena</i>				x	x
27	<i>Acaulospora pared fina oblonga amarilla</i>			x		
28	<i>Ambispora reticulata/pelota</i>	x		x	x	x
29	<i>Ambispora amarilla 70-80 um</i>		x			x
30	<i>Am. undulata</i>					x
31	<i>Kuklospora colombiana</i>				x	
32	<i>Paraglomus occultum</i>	x			x	x
33	<i>Pacispora scintilans</i>			x		
34	<i>Oehlia diaphana</i>			x		
35	<i>Archeospora undulata</i>					x
36	<i>Archeospora sp. Dentro de otra espora</i>				x	
37	<i>Endogone sp.</i>		x	x		

Identificado por Ewald Sieverding

La identificación reportó 37 especies de HMA, encontrando mayor diversidad en la zona de muestreo de Chazuta (CH) con 10 géneros y 17 especies, seguida de la zona de muestreo de INIA Fincyt (CFI) con 9 géneros y 16 especies, seguida de la zona de muestreo de Bello horizonte (BH) con 6 géneros y 14 especie y menor diversidad en la zona de muestreo de INIA Agrobosque (CAI) con 5 géneros y 10 especie y la zona de muestreo de Aucayacu (CAR) con 5 géneros 6 especie. Acaulospora fue el género que se presentó con mayor frecuencia presentándose en todas las zonas de muestreo estudiadas.

En el estudio realizado se identificaron diferentes géneros de hongos de HMA, para la zona de BH ubicada a una altitud de 319 m.s.n.m, con tipo de suelo franco arenoso con pH de 4.9 y materia orgánica 1.25%, se encontraron hongos del género *Glomus* y *Acaulospora*, los mismos que se obtuvieron mayor número de especies (14), estos resultados son similares a los reportes hechos por Medina, (2016) quién identificó los mismos géneros de hongos de HMA, en la localidad de Aviación (Lamas) a una altitud de 1200 - 1400 m.s.n.m, con suelos franco arenosos con pH de 3 a 4 y materia orgánica de 4 a 5%.

En el estudio realizado, se identificaron 14 géneros de Hongos de Micorriza Arbuscular (HMA) asociados a caoba *S. macrophylla*, en las diferentes zonas de muestreo, las especies de HMA identificadas pertenecían a los géneros *Glomus*, *Claroideoglomus*, *Diversispora*, *Dominikia*, *Rhizoglomus*, *Sclerocystis*, *Acaulospora*, *Ambispora*, *Kuklospora*, *Paraglomus* *Pacispora*, *Oehlia*, *Archeospora* y *Endogone*, siendo el género *Ambispora* en más predominante y fuerte. Estos resultados son similares a los encontrados por Rojas et al. (2014), quienes investigaron HMA asociados a cacao *Theobroma cacao* L. en tres diferentes zonas, las especies de HMA identificadas pertenecían a 12 géneros *Acaulospora*, *Ambispora*, *Archeospora*, *Cetraspora*, *Clareideoglomus*, *Diversispora*, *Fuscutata*, *Glomus*, *Kuklospora*, *Pacispora*, *Paraglomus* y *Sclerocystis*. Asimismo, Barrios (2017) identificó (HMA) nativos asociados a plantas de cobertura, donde se identificaron 3 géneros pertenecientes a *Acaulospora*, *Ambispora*, *Rhizoglomus* y *Glomus*, siendo el género *Acaulospora* el más predominante y frecuente. En el estudio realizado de identificación de HMA asociado a caoba los géneros con mayor distribución en la Amazonía fueron *Glomus*, *Rhizoglomus*, *Acaulospora* y

Paraglomus. Este resultado coincide con el estudio realizado por Cardona et al. (2005) quienes señalan que Glomus es el género con mayor distribución en la Amazonía y con una alta tolerancia a la acidez, similar a los resultados encontrados.

En el estudio realizado de identificación de especies de HMA asociado a caoba, se encontró 14 géneros pertenecientes a 37 especies, presentando mayor especie los del género (Acaulospora 12 y 7 Glomus), en tanto que los otros géneros identificados presentaron menor número de especie (1 Claroideoglomus, 2 Diversispora, 1 Dominikia, 2 Rhizoglomus, 2 Sclerocystis, 3 Ambispora, 1 Kuklospora, 1 Paraglomus, 1 Pacispora, 1 Oehlia, 2 Archeospora y 1 Endogone). Estos resultados son mayores a los encontrados por Rodríguez et al. (2014) quienes encontraron en árboles de caoba, 23 especie pertenecientes a cuatro géneros: 11 correspondieron a glomus, 10 a Acaulospora, 1 Gigaspora y 1 Ambispora. En otros estudios realizados en árboles de caoba en sistemas agroforestales establecidos en Bangladesh por Mridha y Dhar (2007) identificaron que el género Glomus fue el grupo taxonómico dominante y Rodríguez et al., (2011) mencionan que, en sistemas agroforestales de Asia, en caoba, se han identificado HMA de los géneros Glomus y Gigaspora principalmente y en menor proporción a especies de los géneros Acaulospora, Entrophospora, y Scutellospora. Estos resultados son similares a los encontrados en el estudio realizado ya que el grupo taxonómico dominante fue el género Acaulospora, seguido de Glomus y en menor proporción para Claroideoglomus, Diversispora, Dominikia, Rhizoglomus, Sclerocystis, Ambispora, Kuklospora, Paraglomus, Pacispora, Oehlia, Archeospora y Endogone. Este resultado pudo deberse que las especies de géneros como *Acaulospora* y *Glomus* se adaptan mejor a las condiciones estresantes de estos tipos de suelos (Banni y Faituri 2013).

También a que el género Acaulospora es uno de los géneros más abundantes en las zonas del trópico, son esporas altamente resistentes a los cambios de pH del suelo y a las bajas concentraciones de fósforo (Rojas, 2009). Por lo que Ruiz, Rojas y Sieverding, 2011, mencionan que estas diferencias pueden estar relacionadas con las características químicas de los suelos, particularmente la acidez y el contenido de nutrientes. Otro factor que pudo influir en la ocurrencia de las especies de HMA puede ser la precipitación pluvial y la composición florística en cada localidad. Estas diferencias en

la composición de la comunidad HMA podrían estar vinculadas a las variaciones ambientales geográficas o los genotipos de plantas implicadas (Rodríguez et al. 2014).

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos perseguidos en el trabajo de investigación, he llegado a las siguientes conclusiones:

- El número de esporas cuantificadas fue mayor para Chazuta (CH=15 esporas g^{-1} suelo), seguido de Bello Horizonte (BH= 14 esporas g^{-1} suelo) e INIA Fincyt (CFI= 12 esporas g^{-1} suelo), en tanto que el menor número de esporas encontrados fue para Aucayacu (CAR=2 esporas g^{-1} suelo) e INIA Agrobosque (CAI= 8 esporas g^{-1} suelo). Cabe mencionar que las zonas de procedencias con mayor número de esporas cuantificadas son suelos con tendencias arcillosos.
- Se determinó la diferencia no significativa en la intensidad micorrízica (Representada por hifas, vesículas, arbuscúlos tipo parís y esporas en raíces de *Swietenia macrophylla*) por procedencia de las muestras (Chazuta, Bello Horizonte, Aucayacu, INA Fincyt y INA Agrobosque).
- En esta investigación se reportaron 37 especies de HMA, siendo Chazuta (CH) la que mostró mayor diversidad con 10 géneros y 17 especies, seguida de INIA Fincyt (CFI) con 9 géneros y 16 especies, posteriormente Bello horizonte (BH) con 6 géneros y 14 especies y, siendo las zonas de muestreo con menor diversidad INIA Agrobosque (CAI) con 5 géneros y 10 especies, seguido de Aucayacu (CAR) con 5 géneros 6 especies. El género reportado con mayor frecuencia fue Acaulospora, presentándose en todas las zonas de muestreo.

VI. RECOMENDACIONES

- Continuar con el estudio de HMA en arboles oriundos de la región en diferentes épocas climáticas o factores que pudieran contribuir a identificar otras especies nativas de HMA, presentes en la Amazonía peruana.
- Realizar trabajos con las especies encontradas de HMA y poder multiplicarlas en áreas deforestadas y degradadas de la selva para acelerar los procesos de reforestación con especies maderables nativas como *Swietenia macrophylla*.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

- Adams, M. (1995). Fundamentos de química de suelos. Caracas.
- Agarwal, P y Sah, P. (2009). Importancia ecológica de las ectomicorrizas en el bosque mundial Agroecología: el papel clave de las micorrizas arbusculares en los servicios de los ecosistemas Micorrizas. p 519-530
- Agrios, G. (2002). Fitopatología. Academic Press Inc. México. p 838.
- Aguilera, L et al. (2007). Micorrizas arbusculares. México.
- Anaya, A. (2003). Ecología química. México.
- Andrade, A. (2010). Micorrizas: Antigua interacción entre plantas y hongos. p 86.
- Blancof, F y Salas, E. (1997). Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*,21(1): 55-67. Recuperado http://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n01_055.pdf
- Barrios, L. (2017). Selección de morfotipos de hongos micorrízicos arbusculares nativos predominantes de suelos degradados asociados a plantas de cobertura de la subcuenca del Cumbaza (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. Perú.
- Barreto, D., Valero, N., Muñoz, A y Peralta, A. (2007). Efecto de Microorganismos Rizosféricos sobre Germinación y Crecimiento Temprano de *Anacardium Excelsum*. Universidad Popular del Cesar (Colombia).
- Banni, A y Faituri, Y. (2013). El papel de las micorrizas arbusculares *Glomus*spp (mixta) y *Glomus fasciculatum* en el crecimiento y la captación de cobre de maíz cultivado en suelo contaminado con cobre. p 77-83.
- Bonciarelli, F. (1988). Agronomía. España. Editorial: Academia León, p 53.
- Bonfante, P. y Requena, N. (2011). Citas en la oscuridad: cómo las raíces responden a las señales fúngicas para establecer simbiosis micorrízica arbuscular. Opinión actual en biología vegetal 14: 451-457.

- Bonell, M. (2005). Gente del agua del bosque en los trópicos húmedos: investigación hidrológica presente y futura para el manejo integrado de la tierra y el agua. Prensa de la Universidad de Cambridge. Cambridge.
- Borneman, J y Triplet, E. (1997). Diversidad microbiana molecular en suelos del este de la Amazonia: evidencia de microorganismos inusuales y cambios.x
- Cardona, G., Arcos, A. y Murcia, U. (2005). Abundancia de actinomicetes y micorrizas arbusculares en paisajes fragmentados de la Amazonia colombiana. *Agronomía Colombiana*, 23, 317-326.
- Cuadros, G., Gómez, R. y Rodríguez, N. (2011). Asociación simbiótica entre hongos micorrízicos arbusculares y el sistema radicular de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.): efecto de la formononetina y la disponibilidad de fósforo en el suelo. Universidad Industrial de Santander (UIS). Bucaramanga, Colombia. 9 pp.
- Dhar, P y Mridha, M. (2012, 15 enero). Asociaciones de micorrizas arbusculares en diferentes especies de árboles forestales de Bosque Hazarikhil de Chittagong, Bangladesh. *Journal of Forestry Research*, 23(1): 115-122. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-012-0241-9>.
- Drew, E. (2002). Hifas AM externas: su crecimiento y función en medios de tamaños de poros variables (Tesis de doctorado). Universidad Adelaide , Australia.
- Espinoza, A (2013). Caracterización morfológica de esporas de micorrizas del Genero *Glomus* sp. A nivel de invernadero y de campo en el cultivo de soya *Glycine max* L. Universidad de Guayaquil. Colombia.
- FAO. (2017). Insignia del suelo. 4ta edición.
- Fagro (2009). Intercambio de nutrientes. Fósforo. Uruguay. Montevideo. Recuperado de:<http://www.fagro.edu.uy/~microbiologia/docencia/materiales%20teoricos/micorrizas%2009.pdf>
- Feitosa de Souza, T., Rodríguez, S., Alves de Andrade, L y Freitas, H. (2016). Arbusculares hongos micorrízicos en Mimosa tenuiflora (Willd.) de brasileño Semi árido robologia brasileña periodofísica, 47, pp 359-366.

- Flores, Y. (2004). Guía para el reconocimiento de regeneración natural de especies forestales de la región Ucayali. INIA. p 14. Perú.
- Flores, Y. (2010). Crecimiento y productividad de plantaciones forestales en la Amazonía peruana. p 14.
- Flores, Y. (2019). Identificación dendrológica de especies forestales. Perú. p 2.
- Fokom, R., Adamou, S., Teugwa, M., Boyogueno, A., Nana, W., Ngonkeu, M., y Zollo, P. (2012). Glomalina relacionada con la proteína del suelo, el carbono, el nitrógeno y la estabilidad de los agregados del suelo como afectados por la variación del uso de la tierra en la zona de bosque húmedo del sur de Camerún. Investigación de suelos y labranza, 120, 69-75.
- Frioni, L. (2006). Microbiología Básica, ambiental y agrícola. Universidad de la República Oriental del Uruguay, 299-300. Uruguay.
- García, R. (2006). Efecto de las micorrizas arbusculares sobre la regulación de genes implicados en el metabolismo carbonado en plantas de tomate (*Solanum esculentum*) (Tesis de doctorado). Universidad de Granada. 246 p.
- Gispert, M; Rodriquez, G y Gonzáles, A. (2002). Los diversos y floridos árboles de los parques de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.
- Geilfus, F. (1994). Manual de agroforestería para el desarrollo rural. Vol. 2. Costa Rico. Caribe.
- Gómez, R.; Bello, D.; Prada, L.; Rodríguez, M.; Gómez, L.; Franco, M. (2011). Actomicetos mineralizadores de fosfato involucrados en la interacción radical de *Glomus* sp. en trébol blanco. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia
- Guerrero, E. (1996). Evaluación de las micorrizas en ecosistemas andinos del Parque Nacional Natural Chingaza primera etapa: Páramo. Bogotá Universidad Javeriana, Colombia.

- Guachón, T y Prado, M (2012). Evaluación del efecto del inóculo Micorrízico Arbuscular en el crecimiento de *Cinchonapubescens* y *Cinchona officinalis* en condiciones de vivero. (Tesis de Grado). Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.
- Guadarrama, P y Sánchez, I. (2004). Hongos y plantas beneficios a diferentes escalas en micorrizas arbusculares. Ciencias.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA (IIAP). (2009). Evaluación económica de plantaciones de caoba, *Swietenia macrophylla*, en el departamento de San Martín. Avances Económicos N.º 9. Perú.
- Husband, R; Herrera, E y Young, J. (2002). Variación temporal en las comunidades micorrizas arbusculares que colonizan las plántulas en un bosque tropical. *Ecología Microbiología FEMS*, 42:131-136.
- ICRAF. (2006). Manual técnico. Edición Francisco Motta Otero.
- Islas, A. T.; Guijarro, K. H.; Eyherabide, M.; Rozas, H. S.; Echeverría, H. E. y Covacevich, F. (2016). Las propiedades del suelo y el uso de la tierra agrícola pueden afectar a las comunidades de hongos micorrízicos arbusculares originarios de los suelos de la pampa argentina. *Ecología Aplicada Del Suelo*, 101, 47-56.
- Jasper, D., Robson, A y Abbott, L. (1987). El efecto de la minería de superficie sobre la infectividad de los hongos micorrízicos vesículo-arbusculares. *Revista australiana de botánica*, 35, pp 641-652.
- Lehto T y Zwiazek, J. (2011). Ectomicorrizas y relaciones hídricas de los árboles: una revisión. *Micorriza*, 21, p 71-90.
- López, F y Peña, D. (2018). Presencia de esporas de Hongos Micorrízico Arbusculares en cinco estados sucesionales de bosque altoandino colombiano. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá Colombia.
- Lovelock, C., Andersen, K., Morton, J. (2003, 13 de febrero). Las comunidades de micorrizas arbusculares en los bosques tropicales se ven afectadas por las especies de árboles hospedadores y el medio ambiente. *Ecología*. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-002-1166-3>.

- Lozano, J. D., Armbrecht, I y Montoya, J. (2015). Hongos formadores de micorrizas arbusculares y su efecto sobre la estructura de los suelos en fincas con manejos agroecológicos e intensivos. *Acta Agron*, 64 (4), 289-296. doi: 10.15446/acag.v64n4.46045.
- Martínez, L y Pugnaire, F. (2009). Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. *Ecosistemas*, 18(2), 44-54.
- Mason, P. Musoko, M y Last, F. (1992). Cambios a corto plazo en poblaciones de esporas de micorrizas vesiculares-arbusculares en plantaciones de *Terminalia* en Camerún.
- Medina, V. (2017). Biogeografía de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la región San Martín, Perú (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín. Perú.
- Medina, A. & R. Azcón (2010). Effectiveness of the application of arbuscular mycorrhizal fungi and organic amendments to improve soil quality and plant performance under stress conditions. *Journal of soil science and plant nutrition*, 10 (3): 354-372.
- Méndez, H. (2012). Diversidad de Hongos Micorrízicos Arbusculares asociados al cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en dos ecosistemas tropicales de Veracruz, México. (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Mirabal, L; Ortega, E.; Rodés, R y Fernández, F. (2002). Método efectivo para la desinfección total de esporas de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA): aislamiento y caracterización de bacterias endospóricas en *glomus clarum*. *Cultivos Tropicales*, vol. 23. Cuba.
- Mohammadi, K., Khalesro, S., Sohrabi, Y., y Heidari, G. (2011). Efectos beneficiosos de los hongos micorrízicos para el crecimiento de las plantas. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 1(9)310-319. Iran.
- Montaño, N., Camargo, S., García, R., Monroy, A. (2007). Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, Mundi-Prensa SA, México. 460 pp.

- Molina, E. Sf. Caracterización de la micorrización “nativa” en plantaciones de cafeto en diferentes condiciones edafoclimáticas. 63 pág. Disponible en <http://www.inca.edu.cu/redmicorrizas/docs/posgrados/resultados/15.pdf>
- Morreno, H y Ibáñez, S. (2010). Textura de un suelo. España
- Montalvo, C. (2017). Estudio de comportamiento micorrizico en la palma *Elaeis guineensis* y palma *Elaeis oleífera* en la Concordia, Ecuador. (Tesis de pregrado). UDLA.
- MICOSAF. (2011). Desarrollo de una tecnología de inoculantes basados en micorrizas nativas para optimizar el crecimiento y desarrollo inicial de especies agroforestales en áreas degradadas en la cuenca del río Aguaytía.
- Nogueira, E. (2016). Microbiología del suelo. 2da Ed. Editorial Peracicaba. 221 p
- Navarro, G. (2003). Química agrícola. Mundi-Prensa. Madrid.
- Navarro, G y Navarro, S. (2014). Fertilizantes química y acción. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Oehl, F., G. Alves da Silva, B. T. Goto, L. C. Maia y E. Sieverding (2011b). Glomeromycota: Dos nuevas clases y un nuevo orden. *Mycotaxon*, 116, 365-379.
- Oehl, F., G. Alves da Silva, B. T. Goto y E. Sieverding (2011a). Glomeromycota: Tres nuevas especies de géneros y glomoides reorganizadas. *Mycotaxon*, 116, 75-120.
- Oswaldo, C (2016). “Prospección de la densidad de esporas y colonización de micorrizas en cacao silvestre de Ucayali y Madre de Dios”. (Tesis de pregrado). Perú.
- Paillacho, F. (2010). "Evaluación de la efectividad de las Micorrizas Arbusculares Nativas sobre el desarrollo y estado nutritivo del Palmito (*Bactris Gasipaes* HBK) en etapa de vivero". Escuela Politécnica del Ejército. Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador. 108 pp.
- Peña, C., Cardona, G., Mazorra, A., Arguellez, J; Arcos, A (2006). Micorrizas arbusculares de la Amazonía Colombiana. Catálogo. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.

- Peña-Venegas, C; Cardona, J; Arguelles, J y Arcos, A (2007). Micorrizas arbusculares del sur de la Amazonía colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. *Acta Amazónica*. 37(3):327-336.
- Pérez, A y Rojas, A (2011). Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Colombiana cienc. Anim*, 3(2).
- Pérez, C y Peroza, C (2010). Efecto de parámetros físicos, químico y salinidad sobre la densidad poblacional y la colonización de micorrizas arbusculares en pasto angletón en el municipio de Tolú, Sucre, Colombia. *Rev. Colombiana cienc. Anim*.2(2):312324.
- Peterson, L; Massicote, H y Melvill, L (2004). *Micorrizas: anatomía y biología celular* Ottawa: NRC Research press, 173.
- Plaster, E (2000). *La ciencia del suelo y su manejo*. Perú: Editorial Paraninfo.
- Prieto, O., Belezaca, C., Mora, W., Garcés, F., Sabando, F., Ávila, F y Cedeño, P. (2012). Identificación de hongos micorrízicos arbusculares en sistemas agroforestales con cacao en El trópico húmedo ecuatoriano. *Agronomía Mesoamericana*,23(2), pp 233-239.
- Reyna, S. (2007). *Truficultura. Fundamentos y técnicos*. Ediciones, Mundi-Prensa. España.
- Rivera, R y Fernandez, F. (2005). *Inoculación y manejo de hongos micorrízicos en agroecosistemas tropicales*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Cuba. 479-487.
- Rocha, I; González, M y Atencio J. (2015). *Potencial micorrizico de suelos smetidos a diferentes usos*. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprum”. Venezuela.
- Rocha, L; Ramos, C; Rosales C. (2009) *Multiplicación de hongos micorrizicos arbusculares nativos de cultivo de cacao (Theobroma cacao) en maiz (Zea mays) bajo distintos tratamientos agronómicos*. (Tesis de pregrado). Universidad Popular del Cesar.

- Rodríguez, V., Soto, A., Pérez, J., Franco, A y Díaz, P. (2014). Hongos micorrícicos arbusculares asociados a la rizosfera de plantas de semillero y árboles maduros de *Swietenia macrophylla* (Magnoliophyta: Meliaceae) en Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista Chilena de Historia Natural*. 187, pp 1-10.
- Rodríguez, M., Soto, A., Pérez, J y Negreros, P. (2011). Los hongos micorrícicos arbusculares y su implicación en la producción y manejo de especies neotropicales forestales, con énfasis en meliáceas *Interciencia*. Venezuela vol. 36, pp. 564-569.
- Rojas, (2018). Ocurrencia de Hongos de Micorriza Arbuscular en caobs (*Swietenia macrophylla*). Ucayali.
- Rojas, K., Melgar, C., Gárate, M., Ayala, D., Ruiz, P., Sieverding, E. (2014). Hongos de Micorriza Arbuscular en tres agroecosistemas de cacao (*Theobroma cacao* l.) en la Amazonía peruana. *Folio Amazónico*, 23 (2), pp 149 – 156.
- Rojas, C. (2009). Restauración, rehabilitación y/o recuperación ecológica de áreas alteradas en el Distrito Capital y La Región.
- Ruiz, P., Rojas, C., & Sieverding, E. (2011). La distribución geográfica de los hongos de micorriza arbuscular: una prioridad de investigación en la Amazonía peruana. *Espacio y Desarrollo* N° 23, 2011, pp. 47-63.
- Ruiz, P. y Rojas, K. (2011). Hongos de micorriza arbuscular. Protocolos y procedimientos de evaluación. Manual técnico. Pucallpa. Perú.
- Ruiz, P y Davey, C. (2005). Micorrizas arbusculares en ultisoles en la Amazonía peruana. *Folia Amazónica* Vol. 14 No 2. IIAP. pp 57-74.
- Saavedra, V. s.f. Descripción botánica y clasificación taxonómica de especies forestales maderables. Bolivia. p 1.
- Salamanca, C y Augusto, C. (2004). La micorriza arbuscular características, producción y aplicaciones. Corpoica C.I La Libertad. Colombia

- Sánchez de P, M., Posada, R., Velásquez, D y Narváez, M. (2010). Metodologías básicas para el trabajo con micorrizas arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 45p.
- Sánchez, I (2009). Análisis de la estructura y diversidad de las comunidades de hongos formadores de micorrizas asociados a plantas de interés ecológico en ambientes mediterráneos. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada, España.
- Sánchez, E. (2015). Comparación de géneros micorrizas arbusculares y porcentaje de micorrización en cultivos jóvenes y adultos de nogal pacanero (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch) en Matamoros, Coahuila (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- SENAMHI, (2018). <https://www.senamhi.gob.pe>.
- Schüßler A; Schwarzott y Walker. (2001). Un nuevo phylum fúngico, la glomeromycota: filogenia y evolución. Investigación micológica. Mycological Research 105:1413-1421 pp.
- Schüssler, A; Gehrig, H; Schwarzott, D y Walker. C. (2001). Análisis de genes de rRNA de Glomales SSU parciales: implicaciones para el diseño de cebadores y la filogenia. Mycol. Res. 105:5–15
- Smith, S.E. Read, Dj (2008). Simbiosis micorrícica, tercera edición. Académico, Londres. Elsevier
- Schenck, N.C. & Smith, G.S. 1982. Respuestas de seis especies de hongos micorrízicos vesiculares-arbusculares y sus efectos sobre la soja a cuatro temperaturas del suelo. Nuevo phytol. 92: 193-201.
- Smith, S., Facelli, E., Pope, S., Smith, F. (2010). Desempeño de la planta en ambientes estresantes: interpretando conocimiento nuevo y establecido de los roles de las micorrizas arbusculares. Plan soli 326, pp 3-20.
- Tapia, J. (2003). Identificación de hongos micorrícicos arbusculares aislados en suelos salinos y su eficiencia en plantas de lechuga (*Lactuca sativa*). Tesis de Doctorado Universidad de Colima. México.

- Thompson, L y Troeh, F. (1988). Suelos y su fertilidad. España. Editorial: Reverté, S.A, p 1.
- Usuga, C; Castañeda, D y Franco, A. (2008). Multiplicación de hongos micorriza arbuscular (H.M.A) y efecto de la micorrización en plantas micropropagadas de banano (Musa AAA cv. gran enano) (Musaceae). Colombia, 1 p.
- Van der Heijden, M., Bardgett, R. y Van Straalen, N. (2008). La mayoría no vista: los microbios del suelo como impulsores de la diversidad de plantas y la productividad en los ecosistemas terrestres. 11(3), 296-310.
- Varma, A. (2008). Micorrizas: estado del arte, genética y biología molecular, función ecológica, biotecnología, ecofisiología, estructura y sistemática. Noida, India. Springer.
- Villasagua, E (2017). Identificación de Hongos Micorrícicos Arbusculares (HMA) en diferentes fincas productoras de cacao en la zona de Vinges-Ecuador. Tesis de posgrado por la Universidad de Guayaquil. Ecuador.

ANEXOS

Anexo 1. Claves para familias de HMA

Clave 1. Clave para familias de HMA		
1	Sin presencia de hifa de conexión, a cambio hay presencia de sáculo o remanentes (Acaulosporaceae, Ambisporaceae, Archaeosporaceae, Entrophosporaceae).	2
1	Presencia de hifa de conexión (Glomeraceae, Pacisporaceae, Diversisporaceae, Grupo Gigasporaceae, Paraglomeraceae, Ambisporaceae).	7
2	Presencia de tallo (Acaulospora, Ambisporaceae, Entrophosporaceae).	3
2	Ausencia de tallo (Ambisporaceae, Archaeosporaceae, Entrophosporaceae).	5
3	2 paredes, con 3-4 capas cada una.	Entrophosporaceae
3	3 paredes (Acaulosporaceae, Ambisporaceae)	4
4	La pared interna con Perlas, capa mas interna tiñe con el reactivo de Melzer.	Acaulosporaceae
4	Paredes flexibles, la pared interna sin Perlas.	Ambisporaceae
5	3 paredes, internas flexibles, pared interna sin perlas.	Ambisporaceae
5	2 paredes (Archaeosporaceae, Entrophosporaceae)	6
6	Dos cicatrices opuestas, similares a anillos ligeramente levantados, sáculo lateral o terminal y muy cercano a la espora.	Entrophosporaceae
6	Sin cicatrices, sáculo cercano o alejado de la espora.	Archaeosporaceae
7	Esporas solitarias (Glomeraceae, Pacisporaceae, Diversisporaceae, Grupo Gigasporaceae, Paraglomeraceae, Ambisporaceae).	8
7	Esporas agregadas.	Glomeraceae
8	Esporas adultas >200 µm e hifa de conexión en forma de Bulbo. Presencia de Células auxiliares en el micelio externo. No forman vesículas al interior de las raíces.	Grupo Gigasporaceae
8	Ausencia de alguna de las anteriores (Glomeraceae, Pacisporaceae, Diversisporaceae, Paraglomeraceae, Ambisporaceae).	9
9	2 paredes, cada una de tres capas.	Pacisporaceae
9	1 pared de varias capas (Glomeraceae, Diversisporaceae, Paraglomeraceae).	10
9	Tres paredes gruesas, un poco flexibles.	Ambisporaceae
10	Hifa de conexión es insertada en forma de bate o perpendicular a la espora.	Diversisporaceae
10	Inserción hifal de otros tipos (Glomeraceae, Paraglomeraceae).	11
11	Esporas hialinas a colores muy claros, tamaño muy reducido, tiñen ligeramente con el reactivo de Melzer.	Paraglomeraceae
11	Colores de claros a oscuros, pueden teñir con el reactivo de Melzer y cuando lo hacen su efecto es fuerte. Usualmente dos capas, la interna cierra la hifa en forma de V invertida.	Glomeraceae

Anexo 2. Composición de las soluciones

Solución de sacarosa al 70%

Se pesan 700 g de sacarosa y se completa a 1000 ml con agua destilada estéril. Primero se coloca aproximadamente 500 ml de agua en un Erlenmeyer, y con plancha de agitación y calentamiento, se procede a adicionar volúmenes crecientes de sacarosa (buenos resultados con azúcar refinado), hasta completar la cantidad necesaria y al final se completa el volumen faltante con agua destilada estéril.

KOH al 10%

Pesar 10 g de KOH, disolverlos en agua destilada, luego verterlos en un balón aforado y completar el volumen a 100 ml con agua destilada (homogenizar la solución).

PVGL o Poli Vinil Glicerol

Se requiere Alcohol Polivinílico (8.33 g), Agua destilada (50 ml), Ácido láctico (50 ml), Glicerina (5 ml), debido a su alta viscosidad del Alcohol polivinílico debe disolverse en agua por calentamiento a 90° C en agitación permanente por lo menos por 4 horas.

Anexo 3. Anova de intensidad micorrízica

ANOVA

Intensidad micorrízica

-	<u>Suma de cuadrados</u>	<u>gl</u>	<u>Media cuadrática</u>	<u>F</u>	<u>Sig.</u>
<u>Entre grupos</u>	<u>940.75</u>	<u>4</u>	<u>235.188</u>	<u>1.414</u>	<u>0.25</u>
<u>Dentro de grupos</u>	<u>5819.625</u>	<u>35</u>	<u>166.275</u>	-	-
<u>Total</u>	<u>6760.375</u>	<u>39</u>	-	-	-

Anexo 4. Número de esporas

Muestras	Chazuta	Bello Horizonte	INIA Fincyt	INIA Agrobosque	Aucayacu
	N° esporas/1 gr				
1	25.03	15.47	8.09	7.19	0.86
2	19.01	4.14	13.81	12.67	0.96
3	25.06	22.50	14.03	8.68	1.69
4	6.48	15.42	16.79	3.84	1.60
5	7.20	6.74	8.04	6.75	1.73
6	10.92	7.04	10.72	12.44	1.88
7	13.20	9.66	7.72	11.97	1.90
8	18.69	10.44	7.07	7.93	1.92
9	16.73	14.22	10.12	7.55	1.05
10	5.78	22.04	14.72	6.96	0.71
11	26.12	29.08	13.74	2.91	0.92
12	14.78	20.58	18.06	8.65	2.76
13	22.06	17.86	16.31	7.18	1.65
14	5.22	9.00	7.02	7.34	2.89
15	8.45	8.40	19.20	8.73	1.19
Promedio	15	14	12	8	2

Anexo 5. Intensidad micorrízica

Muestras	Chazuta	Bello Horizonte	INIA Fincyt	INIA Agrobosque	Aucayacu
	% Intensidad micorrízica				
1	29	54	41	25	29
2	42	47	51	66	42
3	44	26	34	45	44
4	52	28	63	39	52
5	58	31	56	45	58
6	43	37	37	23	43
7	43	18	51	27	43
8	69	36	26	59	69
Promedio	47.5	34.6	44.9	41.1	47.5

Anexo 6. Evaluaciones biométricas

Chazuta	Altura (cm)	Altura (m)	Diámetro				P. Copa (cm)
			E	N	X (mm)	X (cm)	
1	172.2	1.72	33.34	30.29	31.82	3.18	40
2	169	1.69	41.29	44.67	42.98	4.30	48
3	133	1.33	38.7	37.65	38.18	3.82	60
4	119	1.19	39.73	38.65	39.19	3.92	60
5	134	1.34	33.84	32.87	33.36	3.34	50
6	90	0.90	20.63	18.27	19.45	1.95	40
7	185	1.85	34.41	37.81	36.11	3.61	54
8	139	1.39	29.07	30.26	29.67	2.97	62
9	157	1.57	34.99	34.82	34.91	3.49	84
10	144	1.44	35.35	37.4	36.38	3.64	66
11	188	1.88	43.11	43.5	43.31	4.33	70
12	190	1.90	37.78	38.73	38.26	3.83	74
13	122.2	1.22	33.09	32.32	32.71	3.27	40
14	165	1.65	39.18	40.75	39.97	4.00	74
15	70.5	0.71	14.43	14.22	14.33	1.43	50
Promedio	145.2	1.45	33.9	34.1	34.04	3.40	58.13

Bello Horizonte	Altura (cm)	Altura (m)	Diámetro				P. Copa (cm)
			E	N	X (mm)	X (cm)	
1	117	1.17	37.61	37.6	37.61	3.76	50
2	117.5	1.175	41.04	40.33	40.69	4.07	60
3	153	1.53	43.28	40.32	41.80	4.18	70
4	161.5	1.615	48.78	46.83	47.81	4.78	50
5	164	1.64	39.99	37.41	38.70	3.87	64
6	141	1.41	37.07	35.7	36.39	3.64	58
7	139.5	1.395	37.01	36.74	36.88	3.69	50
8	150.5	1.505	40.71	41	40.86	4.09	60
9	126.5	1.265	38.98	39.55	39.27	3.93	46
10	139.2	1.392	44.83	45.21	45.02	4.50	60
11	135.5	1.355	42.38	41.57	41.98	4.20	76
12	92	0.92	29.2	27.33	28.27	2.83	36
13	91.7	0.917	29.77	27.39	28.58	2.86	38
14	147.6	1.476	37.01	37.34	37.18	3.72	48
15	118.5	1.185	41.1	38.81	39.96	4.00	30
Promedio	133	1.33	39.3	38.2	38.7	3.9	53

Aucayacu	Altura total (m)				Dap (cm)	PC (cm)
	Altura	Dist.	Evaluador	Real		
1	25	20	1.43	26.43	46.5	5
2	22	20	1.43	23.43	37.45	5
3	23	15	1.43	24.43	33.1	5
4	25	15	1.43	26.43	34.2	5
5	21	15	1.43	22.43	28.5	4
6	21	20	1.43	22.43	38.4	5
7	21	20	1.43	22.43	38.6	5
8	18	20	1.43	19.43	26.65	4
9	25	20	1.43	26.43	50.05	5
10	15	15	1.43	16.43	24.5	4
11	18	15	1.43	19.43	23.7	4
12	20	15	1.43	21.43	24.3	4
13	20	15	1.43	21.43	27.2	5
14	15	15	1.43	16.43	31.3	5.4
15	15	15	1.43	16.43	21	4
Promedio	20.27	17	1.43	21.70	32.36	4.63

INIA Fincyt	Altura total (m)			Dap (cm)	PC (cm)
	Altura	Evaluador	Real		
1	10.5	1.43	11.93	12.9	2.4
2	11	1.43	12.43	14.2	2.6
3	7.5	1.43	8.93	7.7	1.34
4	5.25	1.43	6.68	7.65	2.7
5	8.5	1.43	9.93	12.2	1.56
6	8.75	1.43	10.18	12.95	1.72
7	7.5	1.43	8.93	11.2	1.74
8	6	1.43	7.43	7.3	1.8
9	5.75	1.43	7.18	7.35	1.36
10	5.5	1.43	6.93	7.49	1.68
11	6.75	1.43	8.18	8.7	2
12	4.75	1.43	6.18	6.8	1.7
13	5	1.43	6.43	5.2	1.56
14	6.25	1.43	7.68	7.6	2.1
15	7.25	1.43	8.68	10.5	2.36
Promedio	7.1	1.4	8.5	9.3	1.9

INIA Agrobosque	Altura total (m)				Dap (cm)	PC (cm)
	Base	Total	Dist	Real		
1	4.5	4.25	15	8.75	11.8	1.20
2	3.75	4.5	15	8.25	9.6	1.48
3	1.25	15.25	20	14	17.5	2.60
4	3	9	15	12	18	2.30
5	3.25	9.25	15	12.5	16	3.50
6	0.5	10.5	15	10	16.6	2.10
7	1.75	14.5	15	12.75	16.4	1.90
8	1.5	15.75	15	14.25	16.7	3.10
9	4.25	6	15	10.25	12.5	3.16
10	3.75	9	15	12.75	15	2.00
11	5.75	11	15	16.75	18.1	2.26
13	1.5	15.25	15	16.75	19.4	2.8
14	3.25	12.5	15	15.75	22.4	3.1
15	2.25	7.25	15	9.5	13.2	3.00
16	2.75	6.75	15	9.5	14.3	3.8
Promedio	2.9	10.1	15.3	12.25	15.8	2.6

OCURRENCIA DE HONGOS DE MICORRIZA ARBUSCULAR EN CAOBA (*Swietenia macrophylla*), UCAYALI – 2018.

por Isabel Herrera Castillo

Fecha de entrega: 17-sep-2019 11:03p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1127703914

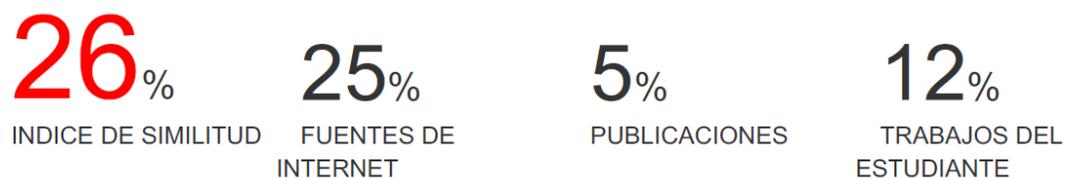
Nombre del archivo: Tesis_HMA_5-09-2019_final_1.pdf (2.67M)

Total de palabras: 17640

Total de caracteres: 88065

OCURRENCIA DE HONGOS DE MICORRIZA ARBUSCULAR EN CAOBA (*Swietenia macrophylla*), UCAYALI – 2018.

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	www.chicaque.com Fuente de Internet	3%
2	revistas.pucp.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	recia.edu.co Fuente de Internet	1%
4	catie.ac.cr Fuente de Internet	1%
5	documents.mx Fuente de Internet	1%
6	www.fao.org Fuente de Internet	1%
7	fagro2.fagro.edu.uy Fuente de Internet	1%
8	www.iiap.org.pe Fuente de Internet	1%

9	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
10	colposdigital.colpos.mx:8080 Fuente de Internet	1%
11	dspace.utpl.edu.ec Fuente de Internet	1%
12	www.inia.uy Fuente de Internet	1%
13	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1%
14	Submitted to Universidad de la Amazonia Trabajo del estudiante	<1%
15	lunazul.ucaldas.edu.co Fuente de Internet	<1%
16	www.javeriana.edu.co Fuente de Internet	<1%
17	www.jourlib.org Fuente de Internet	<1%
18	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1%
19	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%
20	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	

		<1 %
21	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to CONACYT Trabajo del estudiante	<1 %
23	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
24	cdigital.dgb.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
25	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
27	www.uteq.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
28	www.itzonamaya.edu.mx Fuente de Internet	<1 %
29	doczz.net Fuente de Internet	<1 %
30	edoc.pub Fuente de Internet	<1 %
31	www.drepasco.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

32	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	<1%
33	Omid Askari-Khorasgani, Harlene Hatterman-Valenti, Francisco Borja Flores, Mohammad Pessaraki. "Managing plant-environment-symbiont interactions to promote plant performance under low temperature stress", <i>Journal of Plant Nutrition</i> , 2019 Publicación	<1%
34	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
35	scielo.sld.cu Fuente de Internet	<1%
36	accionagua.org Fuente de Internet	<1%
37	repository.javeriana.edu.co Fuente de Internet	<1%
38	revistas.unicordoba.edu.co Fuente de Internet	<1%
39	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
40	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%

41	www.plecevo.eu Fuente de Internet	<1 %
42	agro-ciencia.cl Fuente de Internet	<1 %
43	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
44	agronomia.ucaldas.edu.co Fuente de Internet	<1 %
45	Submitted to Universidad Distrital FJDC Trabajo del estudiante	<1 %
46	www.worldagroforestry.org Fuente de Internet	<1 %
47	www.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	www.bioline.org.br Fuente de Internet	<1 %
49	revistas.unicesar.edu.co Fuente de Internet	<1 %
50	www.chapingo.mx Fuente de Internet	<1 %
51	www.biblioteca.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
52	Submitted to Universidad Catolica de Avila Trabajo del estudiante	<1 %

		<1%
53	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	<1%
54	Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante	<1%
55	eujournal.org Fuente de Internet	<1%
56	tdx.cat Fuente de Internet	<1%
57	www.somecta.org.mx Fuente de Internet	<1%
58	Submitted to Universidad de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1%
59	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
60	desertificacionsuelos.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
61	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1%
62	mafiadoc.com Fuente de Internet	<1%
63	revistasojs.unilibrecali.edu.co Fuente de Internet	<1%

64	www.scielo.sa.cr Fuente de Internet	<1%
65	Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León Trabajo del estudiante	<1%
66	www.redalyc.org Fuente de Internet	<1%
67	Submitted to Universidad de Manizales Trabajo del estudiante	<1%
68	Submitted to Universidad ESAN -- Escuela de Administración de Negocios para Graduados Trabajo del estudiante	<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo