

Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima

Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima

- Publicado por:** Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
Dir. Av. Quito km 1½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas,
Quevedo, Ecuador. www.uteq.edu.ec.
- Derechos reservados:** © Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador 2024.
Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICYT). Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros que no sean comerciales sin permiso escrito previo detentar el derecho de autor, mencionando la cita.
- Cita del libro:** Prieto O., 2024. Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. 96 pp.
- Revisión de Pares Externos:** Shantau Camargo Gomes Stoffel
PhD. Em Microbiologia e Bioquímica do Solo
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)
Alceu Kunce
Doutor en Recursos genéticos vegetais
Instituto Federal Catarinense
- Primera Edición:** Quevedo, Agosto del 2024.
- ISBN:** 978-9942-666-11-6
- Equipo Editorial:** Econ. Carlos Edison Zambrano, Ph.D.
Director

Ing. Javier Patiño Uyaguari, M.Sc.
Revisión y Corrección

Ing. J. Bladimir Mora Macías
Edición y Diagramación

ISBN: 978-9942-666-11-6



Derechos de Autor © 2024
Óscar Oswaldo Prieto Benavides

► PRESENTACIÓN

El Comité Editorial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) es la unidad encargada de promover, gestionar y administrar el conocimiento resultante de las actividades de investigación científica, la docencia y la vinculación de docentes y estudiantes. Dentro del procedimiento para el reconocimiento al profesorado y estudiantado de la UTEQ se contempla la publicación como libros de proyectos de investigación o trabajos en el ámbito académico de profesores y estudiantes de grado y posgrado relacionados con las líneas de investigación institucionales.



► **Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima**

AUTOR:

Óscar Oswaldo Prieto Benavides



Índice de contenido

1.	Introducción.....	12
2.	Marco Referencial.....	14
2.1	Hongos micorrízicos arbusculares.....	15
2.2	Monodominio en los bosques tropicales asociado a microorganismo.....	17
2.3	Factores medioambientales y ecología de los hongos micorrízicos arbusculares.....	20
2.4	Estación ecológica de Macará y <i>Peltogyne gracilipes</i>	22
3.	Objetivos.....	25
3.1	Objetivo General.....	25
3.2	Objetivos Específicos.....	25
4.	Materiales y métodos.....	26
4.1	Diseño del muestreo.....	26
4.2	Muestreo.....	26
4.2.1	Muestreo del suelo	27
4.2.2	Muestreo de raíces	28
4.3	Análisis químicos y granulométricos y clasificación del tipo de suelo.....	28
4.4	Clasificación, coloración y evaluación de la colonización micorrízica de las raíces de <i>p. gracilipes</i>	29
4.5	Extracción y evaluación de la densidad de las esporas de hma.	30
4.6	Experimento de cultivo en trampa.....	31
4.7	Evaluación morfológica de la diversidad de las esporas de hma..	31
4.8	Análisis de los datos.....	32
5.	Resultados.....	34
5.1	Análisis químico, granulometría y clasificación del suelo.....	34
5.2	Extracción y recuento de esporas de hma.....	39
5.3	Identificación de especies de hma en muestras de campo.....	42
5.4	Identificación de especies de hma en cultivo trampa.....	44
5.5	Colonización micorrízica de las raíces de <i>p. gracilipes</i> en el campo.....	47

5.6	Relación entre hma y monodominancia de <i>p. gracilipes</i>	48
5.7	Correlación entre los atributos del suelo y la densidad y riqueza de especies de hma.....	49
	Conclusiones.....	57
	Referencias.....	58

Índice de figuras

- Figura 1** Localización de los puntos de muestreo en la red de 28 senderos del Programa de Investigación de la Biodiversidad (PPBio) en la Estación Ecológica de Maracá, Roraima, en el norte de la Amazonia brasileña.
- Figura 2** Composición de especies de hongos micorrízicos 52 arbusculares (HMA) en los tres tipos de bosque (bosque libre de *Peltogyne*, bosque pobre en *Peltogyne* y bosque rico en *Peltogyne*) en la isla de Maracá. Las elipses representan las agrupaciones de HMA formadas por la disimilitud en la composición de especies entre las áreas. Cada punto del gráfico representa una muestra de suelo de cada tipo de bosque durante los dos períodos de recolección.
- Figura 3** Composición de especies de hongos micorrízicos 53 arbusculares (HMA) en las estaciones seca y lluviosa en la isla de Maracá. Las elipses representan las agrupaciones de HMA formadas por la disimilitud en la composición de especies entre las estaciones. Cada punto del gráfico representa una muestra de suelo de las dos estaciones de recolección.
- Figura 4** Análisis de redundancia (RDA) de comunidades de HMA 55 con parámetros de suelo y tipos de bosque en la estación seca en la Isla de Maracá, Brasil.
- Figura 5** Análisis de redundancia (RDA) de las comunidades de 56 HMA con los parámetros del suelo y los tipos de bosque en la estación lluviosa en la isla de Maracá, Brasil.

Índice de tablas

- Tabla 1** Atributos químicos y granulometría de muestras de suelo 36
colectadas a una profundidad de 0-10 cm en diferentes estaciones
(seca y lluviosa) en presencia/ausencia de *P. gracilipes* en la
Isla, Roraima, Brasil.
- Tabla 2** Valores de textura (arena, limo y arcilla), clase textural 37
y clasificación del suelo en presencia/ausencia de
P. gracilipes en la isla de Maracá, Roraima, Brasil.
- Tabla 3** Número total de esporas de HMA (en 50 g de suelo), riqueza 41
media de especies (S) por muestra, índice de Shannon (H) e
índice de equidad de Pielou (J) en diferentes estaciones (seca
y lluviosa) y presencia/ausencia de monodominancia de
P. gracilipes en la isla de Maracá, Brasil.
- Tabla 4** Familia y especie de HMA y cantidad de esporas encontradas 43
en diferentes estaciones (seca y lluviosa) y presencia/ausencia
de monodominancia de *P. gracilipes* en la isla de Maracá, Brasil.
- Tabla 5** Familia de HMA y especies identificadas en el cultivo de trampas 46
con *Urochloa brizantha*, en diferentes épocas (seca y lluviosa) y
presencia/ausencia de monodominancia de *P. gracilipes* en la
isla de Maracá, Brasil.
- Tabla 6** Porcentaje de colonización micorrícica en raíces de 48
P. gracilipes en dos períodos de muestreo (seco y lluvioso) en la
isla de Maracá, Brasil.
- Tabla 7** Coeficiente de correlación (r) entre los atributos químicos y 50
el tamaño de grano del suelo con la riqueza y abundancia de
especies de HMA en diferentes estaciones (seca y lluviosa) en la
isla de Maracá, Brasil.
- Tabla 8** Análisis PERMANOVA de la composición de especies de HMA 52
en diferentes estaciones (seca y lluviosa) y presencia/ausencia
de monodominancia de *P. gracilipes* en la isla de Maracá, Brasil.

Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares
en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima

Agradecimientos

A Dios, por ayudarme a superar las dificultades y hacer posible la realización de un sueño muy importante para mí.

A la Organización de los Estados Americanos (OEA) y al Grupo Coimbra de Universidades Brasileñas (GCUB), por proporcionarme una beca y permitirme cumplir una meta muy importante en mi carrera profesional. Al Programa de Posgrado en Recursos Naturales (PRONAT) de la Universidad Federal de Roraima, por el doctorado.

A mi supervisor, el Profesor Dr. Reinaldo Imbrozio Barbosa, por su ayuda, corrección, orientación y confianza.

A mi co-supervisora, Profesora Dra. Krisle da Silva, por su constante orientación, disposición y paciencia; sin ella, no habría podido compaginar todas mis actividades con el doctorado.

A mi esposa Lisseth Alcívar Ramíres, por su amor, dedicación, ayuda y, sobre todo, confianza.

A la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA-Roraima), por proporcionarme el Laboratorio de Microbiología, equipos y reactivos necesarios para la realización exitosa de mi trabajo de investigación.

A mis amigos Eliane y Marco Antonio, por su ayuda, esfuerzo, enseñanzas y estímulo en la realización de mis actividades de doctorado.

Al profesor Sidney Stürmer, por su ayuda y asistencia en las identificaciones taxonómicas realizadas en esta investigación.

A mis amigos becarios de la OEA Luis, Javier, Shirley, Jonathan, Liliana, Ricardo, Karina, Juan, Domingo, Jairo y Carlos por su amistad y los momentos compartidos.

A mis compañeros de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Juan Pablo Urdánigo y Fernando Cabezas por su colaboración en mi trabajo.

A mis suegros, Aracely y Tito, por estar siempre a mi lado, ayudándome en todo lo que necesité.

A todos los maestros del PRONAT por las enseñanzas que me brindaron.

A mis compañeros por su compañerismo y colaboración en los trabajos.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron a la realización de este estudio.

1. Introducción

Los microorganismos desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas sostenibles de forma natural. Algunos de ellos pueden utilizarse como inoculantes porque tienen características que promueven el crecimiento de las plantas. Entre los organismos que promueven el crecimiento de las plantas se encuentran los hongos micorrízicos arbusculares (HMA). Se sabe que estos hongos forman una simbiosis mutualista beneficiosa con la mayoría de las plantas vasculares (SMITH; READ, 2008). Esta simbiosis hongo-planta es la más antigua conocida en el planeta, presente incluso en ecosistemas áridos, degradados y/o alterados por la actividad humana (GATES et al., 2011). Por lo tanto, para comprender mejor los beneficios que se pueden obtener mediante el uso de estos hongos, es necesario conocer los factores que actúan sobre esta simbiosis.

Los HMA son componentes importantes de la biota del suelo, especialmente para las plantas en ecosistemas naturales (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). En simbiosis con las plantas, los HMA se desarrollan en estructuras típicas dentro de la corteza radicular y distribuyen sus hifas por el suelo, aumentando el área de absorción de agua y nutrientes, especialmente para nutrientes con baja movilidad, como el fósforo (BERBARA et al., 2006). Los nutrientes se transfieren a su huésped, lo que se traduce en mejores tasas de crecimiento y nutrición de la planta. Además, el micelio externo del hongo actúa en la agregación física del suelo enredando las hifas en las partículas del suelo (PURIN; KLAUBERG FILHO, 2010). Estas funciones hacen que los HMA sean importantes para los suelos tropicales de baja fertilidad, donde la simbiosis con HMA afecta a la supervivencia y el crecimiento de especies leñosas tropicales y también influye en la sucesión vegetal y la recuperación de áreas degradadas.

El estado de Roraima, ubicado en el extremo norte de la Amazonía brasileña, está formado en gran parte por el encuentro de bosques continuos con áreas de sabana (cerrados), caracterizando extensas formaciones de ecotonos (zonas de transición entre bosques - selvas, cam-

pinaranas - selvas, sabanas - selvas) que albergan una rica diversidad de hábitats terrestres (NASCIMENTO et al., 2017). Según Milliken y Ratter (1989), el sector norte del estado está formado por un gran ecotono entre sabanas y bosques, donde el conjunto de bosques está definido por un mosaico de bosques ombrófilos con bosques estacionales (caducifolios y semicaducifolios). El ejemplo más genérico de esta zona de contacto está representado por la Isla de Maracá, que representa la mayor parte de la Estación Ecológica de Maracá (ESEC): una unidad de conservación federal establecida en el ecotono entre los bosques continuos y la gran zona de sabana del norte de Roraima. En esta área de bosque ecotonal de Maracá, se destaca la especie forestal *Peltogyne gracilipes* Ducke (Leguminosae), que, dependiendo de su abundancia y dominancia, se convierte en un bioindicador de diferentes tipos de bosque: (i) ombrófilo, donde los individuos de *P. gracilipes* son raros o inexistentes. *gracilipes* son raros o inexistentes, y (ii) estacionales (semicaducifolios y caducifolios), donde *P. gracilipes* se presenta en abundancia y, cuando es muy dominante, puede formar grandes conglomerados de bosques monodominantes (NASCIMENTO; VILELA, 2010; NASCIMENTO et al., 2017).

Algunos factores asociados a la monodominancia de *P. gracilipes* han sido estudiados gradualmente a lo largo de los años. Entre ellos se encuentran los parámetros estructurales definidos por factores edáficos (NASCIMENTO et al., 2017), la dinámica y variación de la biomasa (NASCIMENTO et al., 2014), la estructura filogenética asociada a la comunidad arbórea que habita (NASCIMENTO; PROCTOR, 1997) y la capacidad de esta especie para sobrevivir en hábitats restringidos por condiciones hidroedáficas (suelos pobres asociados a ambientes mal drenados) (NASCIMENTO et al., 1997; NASCIMENTO et al., 2017). Sin embargo, se desconoce si otros factores pueden influir en la aparición y monodominancia de esta especie, como la existencia de una simbiosis con microorganismos del suelo como los HMA.

La caracterización de la comunidad de HMA que habita en el suelo ha permitido ampliar nuestros conocimientos sobre las relaciones que existen entre los microorganismos, los factores abióticos y la cubierta vegetal en el mantenimiento y establecimiento de ecosistemas ecotonales. La riqueza y diversidad de especies vegetales en los bosques tropicales puede verse influida por diversos factores bióticos y abióticos.

En este sentido, la microbiota del suelo puede jugar un papel fundamental en la alteración y conservación de la comunidad vegetal, y la simbiosis con HMA es uno de los principales componentes de la relación suelo-planta-microorganismo.

En este contexto, este estudio analizó las diferentes influencias sobre la estructura y composición de la comunidad de HMA en áreas del ecotono de Maracá, donde la especie *P. gracilipes* es un bioindicador de diferentes tipos de bosque, tomando como variables predictoras factores edáficos, estacionalidad climática (sequía/lluvia) y factores estructurales que influyen en las comunidades de HMA. Para responder a esta cuestión, se desarrollaron las siguientes preguntas específicas: (i) ¿establece la especie *P. gracilipes* simbiosis con HMA? (ii) ¿puede asociarse la monodominancia de *P. gracilipes* con la presencia de HMA? (iii) ¿Afectan los diferentes suelos a la riqueza de HMA en los bosques ecotonales de la isla de Maracá? (iv) ¿Se ven afectadas la riqueza y diversidad de especies de HMA por la estacionalidad? (v) ¿Está influenciada la diversidad de especies de HMA por las diferentes cubiertas vegetales en los bosques ecotonales de la isla de Maracá?.

2. Marco Referencial

En esta referencia teórica, hemos abordado cuestiones relativas a la monodominancia de especies en los bosques tropicales asociadas a microorganismos, seguido de la importancia de los HMA en los ecosistemas y sus principales condicionantes y, por último, hemos tratado el tema de

la Estación Ecológica de Maracá y la especie monodominante en la zona, *P. gracilipes*.

2.1 Hongos Micorrízicos Arbusculares

Los HMA son microorganismos que pertenecen al filo Glomeromycota (SCHÜßLER; WALKER, 2010), dando lugar a tres clases (Glomeromycetes, Paraglomeromycetes y Archaeosporomycetes) distribuidas actualmente en cinco órdenes (Archaeosporales, Diversisporales, Gigasporales, Glomerales y Paraglomerales), que pertenecen a 15 familias y 38 géneros con aproximadamente 270 especies descritas (REDECKER et al., 2013).

La clasificación taxonómica y sistemática de este grupo de microorganismos ha sido objeto de intensa discusión en los últimos 20 años (OEHL et al., 2011). La taxonomía tradicional de este grupo de microorganismos se ha basado principalmente en la morfología y ontogenia de las esporas, evaluando características subcelulares que permiten la clasificación de géneros y especies, como el número y aspecto de las capas de la pared celular, color y tamaño de las esporas (RAAB; BRENNWALD; REDECKER, 2005). Mientras que las estructuras del hongo en el interior de la raíz, los arbusculos y las vesículas, se consideran irrelevantes para la identificación taxonómica (SCHÜßLER; WALKER, 2010).

Aunque los arbusculos y las vesículas no son importantes para la taxonomía, estas estructuras son esenciales para el desarrollo de la simbiosis micorrízica y cada una tiene una función particular. Según Lee et al. (2013), los arbusculos son estructuras del hongo formadas por hifas muy ramificadas en el interior de las células corticales del huésped, y su función es aumentar la superficie de contacto entre el hongo y la planta, produciendo el intercambio de nutrientes del hongo a la planta y viceversa.

Por su parte, las vesículas son estructuras globulares llenas de lípidos que se forman en la raíz del huésped en espacios inter o intracelulares,

y su función principal es reservar la energía del hongo para situaciones de estrés y cuando disminuye el suministro de metabolitos de la planta al hongo (HE; LI; LIU, 2017).

Actualmente, la taxonomía de los HMA ha evolucionado hacia una clasificación basada en caracteres moleculares, combinada con estudios morfológicos clásicos, lo que permite la aparición de nuevos taxones en distintos niveles de la jerarquía. También permite optimizar las revisiones taxonómicas, que ahora se llevan a cabo en cortos períodos de tiempo (BLASZKOWSKI; CHWAT; GOTO, 2014). Desde la década de 1990, los estudios moleculares han contribuido a un avance considerable en el conocimiento de la taxonomía y la filogenia de estos grupos de hongos. Su uso ha permitido una mayor clarificación de las afinidades genéticas, posibilitando la construcción de árboles filogenéticos.

Los HMA son componentes importantes de la comunidad microbiana del suelo. Son biótrofos obligados que se reproducen asexualmente y dependen de organismos simbióticos compatibles para crecer y reproducirse (WAGG et al., 2014). A través de la fotosíntesis, la planta proporciona energía y carbono que son esenciales para la supervivencia y reproducción de los hongos.

A cambio, los HMA forman micelio dentro y fuera de las raíces, lo que les permite ampliar el volumen de suelo explorado por ellos, dando lugar a un aumento en la absorción de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno, así como algunos micronutrientes como el cobre y el magnesio (SMITH; READ, 2008). Se establece así una simbiosis mutualista beneficiosa, que puede ser la simbiosis más respetuosa con el medio ambiente del planeta (VAN DER HEYDE et al., 2017).

Los HMA se consideran indispensables en el mantenimiento de varios servicios ecosistémicos, que implican el ciclo de nutrientes y, sobre todo, la agregación del suelo, a través de la producción masiva de hifas y la secreción de un compuesto llamado glomalina (VILELA et al., 2014). Esta glicoproteína proporciona un aumento de la cementación de las partícu-

las, mejorando la formación de macroagregados del suelo (HOLTZ et al., 2016).

Estos simbioses existen en la mayoría de los ecosistemas y están influenciados por factores bióticos y abióticos que interfieren en la supervivencia y germinación de los propágulos, afectando al proceso de colonización de las raíces en las plantas (MIRANDA; HANAZAKI, 2008). Las prácticas agrícolas como la mecanización del suelo, el manejo de cultivos y las prácticas culturales generan cambios en los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo, promoviendo alteraciones en la comunidad de HMA y su efecto sobre las plantas (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2017). En los bosques tropicales, las comunidades de HMA pueden influir en el establecimiento de las plantas (KIERS et al., 2000) y, en consecuencia, afectar a la composición de la comunidad vegetal (PONTES et al., 2017). Considerando que los HMA no tienen hospederos específicos, estos microorganismos pueden asociarse con un gran número de plantas, colonizando comúnmente todas las plantas micotróficas, independientemente de su tamaño o etapa de desarrollo (VAN DER HEIJDEN; HORTON, 2009).

El conocimiento sobre el papel que desempeñan y la importancia de la diversidad de HMA para el funcionamiento de diferentes ecosistemas ha dado lugar a un gran esfuerzo para identificar las especies que colonizan las plantas en los sistemas naturales (PEREIRA et al., 2014). Además, los datos sobre la diversidad, abundancia y distribución temporal y espacial de las especies de HMA son relevantes para comprender la interacción entre estos hongos y la vegetación asociada (STÜRMER; BELLEI, 1994).

2.2 Monodominio en los bosques tropicales asociado a microorganismos

La selva tropical es el bioma con mayor diversidad de seres vivos de la Tierra. Según Whitmore (2005), es un bosque que se da en regiones situadas entre los trópicos de Cáncer y Capricornio. Tienen un clima cálido con lluvias frecuentes y abundantes y, debido a la región en la

que se encuentran, reciben una gran cantidad de luz solar. La mayor incidencia de este tipo de bosque se da en las siguientes regiones: África (cuena del río Congo y Liberia), América Central, América del Sur (selva atlántica y selva amazónica), Asia (Laos, Vietnam, Tailandia y Camboya) y el continente oceánico (costa norte de Australia, Nueva Guinea y Borneo).

La selva amazónica se considera la más diversa del mundo. Ter Steege et al. (2013) estiman que los 6 millones de kilómetros cuadrados de la selva amazónica contienen hasta 390.000 millones de árboles, teniendo en cuenta los individuos de diversas especies. Hay aproximadamente 16.000 especies diferentes, y la Amazonia tiene muchos ecosistemas con cobertura vegetal diferenciada, debido a la altísima heterogeneidad ambiental que ocurre en la región (BEARD, 1955). Existen bosques con baja diversidad y alta dominancia de una única especie arbórea, que, cuando un individuo representa más del 50% del total de individuos, se clasifican como bosques monodominantes (HART; HART; MURPHY, 1989). Conocer los mecanismos que interfieren en la monodominancia de una especie en los bosques tropicales es fundamental para entender cómo utilizan los recursos disponibles para establecerse y reproducirse (RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA et al., 2017).

La microbiota desempeña una serie de funciones indispensables para mantener la productividad, diversidad y estructura de las comunidades vegetales del planeta, ya que actúa como suministradora de nutrientes que son absorbidos por las plantas (VAN DER HEIJDEN; BARDGETT; VAN STRAALLEN, 2008). La mayoría de los estudios ecológicos en los bosques evalúan las comunidades que habitan por encima del suelo (GHAZOUL; SHEIL, 2010), mientras que los taxones microscópicos que habitan por debajo del suelo, como los hongos y las bacterias, se estudian con menos atención (AIME; BREARLEY, 2012). Entre los organismos que habitan en el suelo destacan los hongos micorrízicos arbusculares, que pueden tener un gran impacto en la estabilidad de los ecosistemas, especialmente cuando las condiciones del suelo no son ideales para el crecimiento de las plantas, por ejemplo, suelos pobres en nutrientes y

mal drenados (MARTÍNEZ; PUGNAIRE, 2009).

Las investigaciones sobre bosques monodominantes indican que no existe un único mecanismo ecológico responsable de la monodominancia (TORTI; COLEY; KURSAR, 2001; DE OLIVEIRA FREITAS et al., 2013), sino un conjunto de atributos importantes, entre los que deben considerarse los microorganismos (HOLSTE; KOBE, 2017). En este sentido, Fürnkranz et al. (2008), estudiando bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium*) asociadas a plantas superiores dominantes en un bosque tropical de Costa Rica, encontraron que, además de la simbiosis establecida con este tipo de plantas y el suministro de nitrógeno, las bacterias son importantes para apoyar el crecimiento, la salud y la resistencia al estrés de las plantas, resultando indispensables en el mantenimiento del bosque tropical.

Un estudio de McGuire et al. (2008) sobre la importancia ecológica de la colonización ectomicorrícica en un bosque tropical de Guyana dominado por *Dicymbe corymbosa* Spruce ex Benth. y *Dicymbe altsonii* Sandwith (Caesalpinaceae), descubrió que la dominancia de estas especies está vinculada a una alta dependencia de la colonización ectomicorrícica. Este resultado coincide con el comunicado por Connell y Lowman (1989), que relacionan la monodominancia de una especie vegetal con la simbiosis ectomicorrícica.

En el caso del bosque de *P. gracilipes* localizado en Maracá, objeto de este estudio, Nascimento (1994) encontró que no existe asociación simbiótica entre árboles de *P. gracilipes* y hongos ectomicorrízicos, pero sí encontró simbiosis con HMA. Por lo tanto, el conocimiento de la dinámica de las comunidades de HMA podría ser útil para identificar los mecanismos que influyen fuertemente en la estructuración del bosque monodominante de *P. gracilipes*, y también podría ser una forma de aclarar esta monodominancia, que ha sido un enigma para varios autores durante más de 20 años.

2.3 Factores medioambientales y ecología de los hongos micorrízicos arbusculares

Los HMA son componentes esenciales de diversos ecosistemas terrestres debido al papel que desempeñan en su mantenimiento de forma sostenible (SILVA; SIQUEIRA; STÜRMER, 2009). Sin embargo, este grupo de hongos está influenciado por diversos factores ambientales, como la cobertura vegetal, la estacionalidad y las características del suelo, que modifican la diversidad y la estructura de las comunidades y pueden afectar a sus funciones ecológicas (BRUNDRETT, 1991).

Teniendo en cuenta que aproximadamente el 80% de las plantas vasculares del mundo establecen simbiosis micorrízicas (SMITH; READ, 2008), aparentemente no existe especificidad taxonómica. Cualquier planta huésped puede establecer una simbiosis con cualquier especie de HMA descrita en la actualidad. Sin embargo, evidencias recientes obtenidas mediante técnicas moleculares indican que las plantas son colonizadas preferentemente por determinadas especies de HMA, en función de los efectos diferenciales sobre el crecimiento vegetal (PONTES et al., 2017). Aunque esta especificidad no es absoluta, puede tener una influencia importante tanto en la productividad de las comunidades vegetales como en la diversidad, competitividad y funcionamiento general de los ecosistemas naturales (SINGH et al., 2008).

Las comunidades de HMA en regiones tropicales no perturbadas pueden ser complejas y ricas en especies (ALEXANDER; SELOSE, 2009). En la selva amazónica están pobremente descritas y por lo tanto el patrón general de ocurrencia y diversidad de estos hongos permanece desconocido (STÜRMER; SIQUEIRA, 2011). La mayor parte de la información disponible sobre estudios de comunidades de HMA en la región amazónica raramente asocia la variabilidad de la composición de especies con la cobertura vegetal (PEÑA-VENEGAS et al., 2007), por lo que este tipo de estudios es extremadamente necesario para comprender la complejidad de las comunidades de hongos micorrízicos y su relación con la diversidad de la selva tropical.

Factores como la temperatura y la humedad, así como la fenología del huésped, pueden influir en la esporulación de los HMA en el suelo, por lo que la cuantificación de las esporas es uno de los parámetros utilizados para evaluar la presencia de HMA en el suelo. Varios estudios han demostrado una variación estacional en la producción de esporas, con un patrón que varía según la especie de HMA (MORTON et al., 2004). En la región tropical, en áreas degradadas y en recuperación en el estado de Piauí, Carneiro et al. (2016) encontraron una alta variación estacional, con un mayor número de esporas viables en el período seco en comparación con el período lluvioso. Del mismo modo, en zonas esteparias áridas y semiáridas de Argelia, Bencherif et al. (2016) mostraron un menor número de esporas en verano y un mayor número en invierno. Las esporas viables son generalmente efímeras y la viabilidad se define por la latencia, la susceptibilidad a los patógenos y otros factores (BEVER et al., 2001).

Otro factor que puede afectar a la micorrización son las características del suelo. En este caso, factores como la acidez, las concentraciones de materia orgánica, fósforo, potasio, nitrógeno, aluminio, cobre, zinc y magnesio en el suelo interfieren en el establecimiento y rendimiento de la simbiosis (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2017), lo que se refleja en la capacidad de colonización del huésped y en la producción de esporas por parte del hongo (PEÑA-VENEGAS et al., 2007).

Según Bencherif et al. (2016), la tolerancia de los HMA a la acidez y a niveles elevados de algunos macro y microelementos sigue siendo controvertida. Sin embargo, en suelos ácidos como Argissolos, estos factores no parecen afectar al rendimiento de la micorriza arbuscular nativa, y el hongo es incluso capaz de acumular aluminio en su micelio y vesículas. Sin embargo, para otros tipos de suelo en la Amazonía, la información sobre el comportamiento de los HMA en relación con los factores físicos y químicos aún no está clara (PONTES et al., 2017).

La asociación entre las comunidades por encima y por debajo de la superficie del suelo es esencialmente importante para la restauración

ecológica (KARDOL; WARDLE, 2010). Durante la simbiosis, las hifas de los HMA permanecen en contacto directo con el suelo, por lo que las características del suelo tienen un fuerte impacto en la germinación de las esporas y otros propágulos fúngicos (LEAL; SIQUEIRA; STÜRMER, 2013). Por lo tanto, un estudio detallado de las características físicas y químicas del suelo es importante para ayudar a explicar la formación y función de las micorrizas (MORTON et al., 2004).

En Maracá, los suelos más abundantes son suelos podzólicos distróficos con baja saturación de bases y textura muy variable de arenosa a arcillosa, siendo considerados entre los más distróficos de la región amazónica (CARVALHO, 2014). En este sentido, el estudio de los HMA puede ayudar a entender la sucesión vegetal y contribuir al éxito de la recuperación de los bosques tropicales (RAMOS et al., 2011), ya que el impacto de estos hongos es muy significativo para el funcionamiento de los ecosistemas.

2.4 Estación ecológica de maracá y *peltogyne gracilipes*

La Estación Ecológica de Maracá (ESEC) está situada geográficamente entre los municipios de Amajari y Alto Alegre, en el estado de Roraima, y ocupa un área de 101.312 hectáreas. La ESEC está formada por la isla de Maracá y más de 200 islotes que forman un archipiélago fluvial situado en el río Uraricoera, entre las perforaciones de Santa Rosa y Maracá. El Gobierno Federal brasileño, mediante el Decreto n° 86.061 de 2 de junio de 1981, creó esta estación con fines de conservación de la naturaleza e investigación. La isla de Maracá está situada en una frontera biogeográfica en la unión entre la Selva Amazónica al oeste y las grandes áreas de sabana al este, el relieve es de baja altitud y con áreas estacionalmente influenciadas por las lluvias (VILLELA; PROCTOR, 1999).

Las actividades antropogénicas han sido escasas o nulas a lo largo del tiempo en gran parte de la isla de Maracá (HEMMING, 1994). La ocupación humana sólo fue reportada en una pequeña porción de la parte oriental de la isla en el siglo XIX, región donde no ocurren aglomeracio-

nes monodominantes de *P. gracilipes* y donde los indígenas ocupaban esta parte del territorio, pero fueron posteriormente expulsados por los agricultores (THOMPSON et al., 1992). Alrededor de la isla existen varios asentamientos rurales, principalmente territorios ocupados por pequeñas comunidades indígenas, así como fincas dedicadas a la piscicultura y cultivos agropastoriles. Estas inferencias antropogénicas que tienen lugar alrededor de la isla han incrementado perturbaciones como el fuego y la deforestación con mayor frecuencia e intensidad, lo que altera significativamente la vegetación y la dinámica del paisaje de esta zona (CARVALHO, 2014).

Según Eden et al. (1998), el suelo de la isla de Maracá presenta algunas evidencias que sugieren que su formación está asociada a dos fallas tectónicas que desviaron el flujo normal del río Uraricoera entre las perforaciones de Santa Rosa y Maracá. Además, el relieve es muy variable, con terrenos elevados a altitudes que oscilan entre 250 y 330 metros, hasta zonas sujetas a inundaciones. En este contexto, Robison y Nortcliff (1991) mencionan que los suelos de Maracá han sido definidos por la variación de tres factores: el material de origen, el relieve y el régimen hídrico. Tienen características muy variables y pueden ser extremadamente distróficos o eutróficos, con texturas que varían de muy arenosas a arcillosas.

Según la clasificación de Köppen, el clima de Maracá se sitúa en la transición del subtipo de clima de sabana o tropical con estación invernal seca (Aw) al subtipo monzónico (Am), considerado clima tropical húmedo (A) (BARBOSA, 1997). El clima estacional presente en Maracá es causado por la variación de los principales agentes atmosféricos que promueven las lluvias en la región amazónica, como la masa de aire ecuatorial y la convergencia intertropical (NIMER, 1972). La temperatura media anual y las precipitaciones son de 26°C y 2.163 mm, respectivamente, valores que fueron obtenidos de la estación agrometeorológica de ESEC Maracá entre 1986 y 2010 (CARVALHO et al., 2018).

Los bosques de abeto ocupan aproximadamente el 84% de la superficie de la isla de Maracá (FURLEY; RATTER, 1990). De este porcentaje, cerca del 60% se considera bosque siempreverde y el 40% bosque caducifolio y semicaducifolio (FRAGOSO; SILVIUS; CORREA, 2003). La zona también tiene algunos parches de vegetación de sabana que ocupan aproximadamente el 5% de la isla (NASCIMENTO, 1997). Se consideran bosques caducifolios cuando más de 2/3 de los árboles pierden sus hojas en la estación seca, y semicaducifolios cuando los árboles pierden entre 1/3 y 2/3 de sus hojas. Los bosques de Maracá han sido objeto de muchos estudios a lo largo del tiempo, siendo uno de los más detallados el realizado por Milliken y Ratter (1989) que establecieron seis categorías de bosques: 1) bosque de terra-firme en el este, 2) bosque de terra-firme en el oeste, 3) bosque de *Peltogyne gracilipes* (pau-roxo o roxinho), 4) bosques bajos, 5) buritizais y 6) bosques de galería.

La especie *P. gracilipes* es endémica del estado de Roraima. El género *Peltogyne* pertenece a la familia Leguminosae y tiene 24 especies aceptadas, 16 de las cuales se consideran endémicas de Brasil, 6 subespecies y 4 variedades (LIMA; CORDULA, 2015). En la isla de Maracá, el bosque de *P. gracilipes* se clasifica como bosque estacional semicaducifolio o caducifolio y se caracteriza por una alta densidad de individuos de esta especie asociados a pocas especies de otras plantas. Los árboles de *P. gracilipes* pueden formar un dosel de 40 metros de altura y generalmente presentan una diversidad muy baja (CARVALHO, 2014). La formación forestal de *P. gracilipes* presentó un valor de 62,15% de dominancia relativa, considerado uno de los valores más altos reportados para bosques de tierra firme en la Amazonia (NASCIMENTO; VILELLA, 2010).

La monodominancia de *P. gracilipes* en la isla de Maracá ha sido relacionada a muchos factores, incluyendo su capacidad de ser menos susceptible al ataque de herbívoros o patógenos (NASCIMENTO; PROCTOR, 2001), una baja tasa de depredación de semillas (NASCIMENTO; PROCTOR, 1996), una alta tasa de regeneración y tolerancia a la sombra, ya que crece bajo un dosel cerrado (NASCIMENTO et al., 2007).

También tolera altas concentraciones de magnesio en el suelo (NASCI-MENTO, 1997). Sin embargo, Nascimento y Vilella (2010) mencionan que otro factor probable relacionado con la monodominancia es la alelopatía, la capacidad de inhibir el crecimiento de otras especies.

3. Objetivos

Este trabajo tiene los siguientes objetivos.

3.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de los tipos de bosque y la estacionalidad sobre la aparición de hongos micorrízicos arbusculares.

3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la dinámica de los HMA (colonización micorrízica y densidad de esporas) en diferentes tipos de bosque con presencia y ausencia de *Peltogyne gracilipes* durante las estaciones seca y lluviosa.
- Determinar la diversidad morfológica de las comunidades de HMA.
- Evaluar la relación entre la presencia de HMA y las características químicas y granulométricas de los suelos estudiados en la Estación Ecológica Isla de Maracá.
- Determinar la influencia del tipo de bosque y de la estacionalidad en las comunidades de HMA de las plantas de *P. gracilipes*.

4. Materiales y métodos

Para alcanzar los objetivos de esta propuesta, se recogieron muestras de suelo y raíces en la isla de Maracá durante las estaciones seca y lluviosa. Posteriormente, se caracterizó morfológicamente la comunidad de HMA y se evaluaron los factores ambientales y edáficos que afectan a las comunidades.

4.1 Diseño del muestreo

El presente estudio fue realizado en la malla de parcelas permanentes del Programa de Investigación en Biodiversidad (PPBio), localizada en la parte oriental de la ESEC Maracá (3°15'54"N, 61 22'50"W). La malla de investigación del PPBio es un sitio de muestreo que utiliza el estándar de la Red de Investigación Ecológica a Largo Plazo (RAPELD). Tiene un área física de 5 km x 5 km (25 km²), con 12 senderos de 5 km cada uno, organizados en dirección norte-sur y este-oeste. A lo largo de los senderos, se establecieron 30 parcelas permanentes de 1 ha (250m x 40m) distribuidas regularmente en un área de 25 Km² (PEZZINI et al., 2012).

De este total, hubo nueve parcelas basadas en la subdivisión de los principales tipos de bosque (tres parcelas para cada tipo) que ocurren en Maracá, propuesta por Nascimento et al. (1997): (i) Bosque rico en *Peltogyne* (FPP) donde la ocurrencia de *P. gracilipes* es siempre mayor al 50%. *gracilipes* es siempre superior al 50% del total de especies en el área considerada, (ii) Floresta pobre en *Peltogyne* (FPP) donde *P. gracilipes* es menos del 50% dominante, y (iii) Floresta libre de *Peltogyne* (FSP) donde esta especie no ocurre.

4.2 Muestreo

Se recogieron cinco muestras de suelo de cada una de las nueve parcelas de los tres tipos de bosque (FSP, FPP y FRP), 45 en la estación seca y 45 en la estación lluviosa, con un total de 90 muestras. Las muestras se recogieron durante las estaciones seca y lluviosa de 2017.

4.2.1 Muestreo del suelo

Para evaluar la relación entre la presencia de HMA y las características físicas y químicas del suelo en cada una de las 9 parcelas, se recogieron 5 muestras de suelo (1 kg cada una) a 25, 75, 125, 175 y 225 metros del punto de inicio de la parcela (45 muestras en la estación seca y 45 en la estación lluviosa) (Figura 1). El suelo se recogió con una barrena holandesa a una profundidad de 0-10 cm. La barrena se limpió con etanol al 70% entre muestra y muestra para evitar la contaminación. Las muestras de suelo fueron empacadas en bolsas plásticas y almacenadas en neveras con hielo y llevadas al Laboratorio de Microbiología de Suelos de la EMBRAPA-Roraima. Las muestras se almacenaron en frigorífico entre 4 y 10 °C para evaluar la estructura de la comunidad de hongos micorrízicos arbusculares mediante métodos morfológicos y para análisis químicos y físicos (textura).

Se tomaron muestras de clasificación del suelo a 125 metros del punto de partida de cada una de las 9 parcelas. Se tomaron muestras individuales en nueve intervalos a lo largo del perfil del suelo (0 - 20 cm, 20 - 30 cm, 30 - 40 cm, 40 - 50 cm, 50 - 60 cm, 60 - 70 cm, 70 - 80 cm, 80 - 90 cm y 90 - 100 cm). El suelo se recogió con una barrena holandesa y se limpió con etanol al 70% antes de cada intervalo para evitar la contaminación. Las muestras se tomaron uniformemente en volumen y a la profundidad deseada para no subestimar ni sobrestimar los atributos del suelo. Finalmente, las nueve muestras individuales de cada parcela fueron empacadas en bolsas plásticas y llevadas al Laboratorio de Microbiología de Suelos de la EMBRAPA-Roraima para análisis de textura.

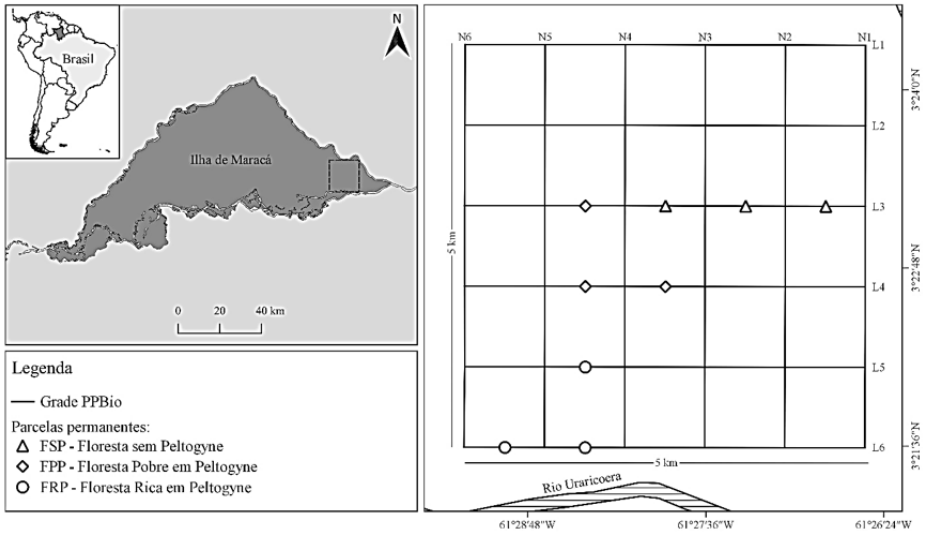


Figura 1.- Localización de los puntos de muestreo en la red de senderos del Programa de Investigación de la Biodiversidad (PPBio) en la Estación Ecológica de Maracá, Roraima, en el norte de la Amazonia brasileña.

4.2.2 Muestreo de raíces

En las 3 parcelas RBM (Figura 1), para evaluar la colonización micorrícica, se recogieron 300 g de raíces de 5 individuos adultos de *P. gracilipes* en cada parcela, lo más cerca posible de donde se recogieron las muestras de suelo, con un total de 30 muestras de raíces (15 en la estación seca y 15 en la estación lluviosa). Las muestras de raíces se lavaron con agua corriente para eliminar la tierra y se almacenaron en viales con alcohol al 50% hasta que se analizó la tasa de colonización micorrícica.

4.3 Análisis químicos y granulométricos y clasificación del tipo de suelo

Alrededor de 300 cm³ de cada muestra de suelo se enviaron al laboratorio de suelos de Embrapa Roraima. Los parámetros granulométricos y químicos analizados fueron los siguientes: textura por el método de la

pipeta, antes de ser analizadas las muestras de suelo fueron secadas al aire, desmenuzadas, pasadas por un tamiz de 2 mm de diámetro y homogeneizadas para determinar la distribución granulométrica (TEIXEIRA et al., 2017). En el laboratorio se determinaron los siguientes atributos químicos: pH, materia orgánica, P, K, Ca, Mg, H+Al, Al, S, Cu, Fe, Zn, Mn y B. El pH del suelo se midió con agua destilada (1:1), F, K, Cu, Fe, Zn y Mn se extrajeron en una solución Mehlich-1. Ca, Mg, H+Al y Al se extrajeron en una solución de $(\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{CaH}_2\text{O}$. El azufre se extrajo con una solución de SO_4 . El boro se extrajo en agua caliente. La materia orgánica se evaluó oxidando las muestras de suelo con una solución sulfocrómica y se determinó mediante el método Black (TEIXEIRA et al., 2017).

La clasificación de los suelos se realizó utilizando el método de análisis de textura de suelos descrito anteriormente. Los suelos fueron clasificados hasta el nivel 2 con el apoyo del investigador de la EMBRAPA Dr. Itamar Antônio Bognola, de acuerdo con la metodología propuesta por el Sistema Brasileño de Clasificación de Suelos (DOS SANTOS et al., 2018). No se realizaron análisis químicos en profundidad para completar la clasificación en el nivel 3.

4.4 Clasificación, coloración y evaluación de la colonización micorrícica de las raíces de *p. gracilipes*

El proceso de blanqueo y coloración de las raíces almacenadas de *P. gracilipes* se llevó a cabo según la metodología propuesta por Koske y Gemma (1989). Consistió en cortar las raíces en trozos de hasta 1 cm y colocarlas en frascos de vidrio con tapas herméticas que contenían una solución de KOH al 10%, dejándolas reposar toda la noche. Sin embargo, como las raíces eran muy oscuras, se requirió un tratamiento adicional colocándolas en una solución de peróxido de hidrógeno (3%) durante 20 minutos. A continuación, se sumergieron en una solución de HCl al 1% y luego se tiñeron con una solución de azul tripán al 0,05% en lactoglicerol (1:1:1 ácido láctico glacial, glicerol y agua). Por último, las raíces se lavaron con agua destilada y se almacenaron en frascos de vidrio con

un 50% de glicerol para evaluar la tasa de colonización micorrícica. La tasa de colonización micorrícica presente en las raíces de *P. gracilipes* se evaluó utilizando el método propuesto por Giovannetti y Mosse (1980). La estimación de este parámetro consistió en analizar la presencia de estructuras fúngicas en la corteza de la raíz (hifas, arbusculos y vesículas inter e intracelulares). Los segmentos radiculares, previamente teñidos y cortados en trozos de 1 cm, se extendieron en placas de Petri con líneas cuadradas de 1 cm en el fondo. La presencia y ausencia de colonización se inspeccionó con un microscopio de disección (Quimis Q7714Z), utilizando las líneas verticales y horizontales de la placa, precisamente en el punto en que las raíces cruzaban las líneas, se hicieron un mínimo de 100 puntos y se estimó entonces el porcentaje de colonización (%).

4.5 Extracción y evaluación de la densidad de las esporas de hma

Las esporas de HMA se extrajeron de las muestras de campo y del cultivo trampa utilizando el método de tamizado húmedo seguido de centrifugación en un gradiente de sacarosa propuesto por Gerdemann y Nicolson (1963). Consistía en diluir 50 g de suelo en 1,5 litros de agua, mezclar la solución en una batidora durante 15 segundos, esperar a que decantara el material y tamizarlo a través de mallas de 400, 200, 100, 50 y 25 μm . Este procedimiento de tamizado se repitió tres veces para cada muestra de suelo. El material retenido en los tamices se recogió y se transfirió a tubos falcon que contenían una solución de sacarosa (60%). A continuación, esta solución se centrifugó (3000 rpm durante 3 minutos) y el sobrenadante se transfirió a un tamiz de malla de 25 μm y se lavó con agua destilada estéril para eliminar el exceso de sacarosa. El contenido del tamiz se recogió en recipientes de vidrio y se vertió en placas de Petri con cuadrados de 1,25 cm entre las filas para facilitar el recuento. A continuación, se contaron las esporas utilizando un microscopio de disección (Quimis Q7714Z).

4.6 Experimento de cultivo en trampa

Para recuperar el mayor número posible de poblaciones de HMA, especialmente las que no esporulaban en el momento de la recogida en el campo, se llevó a cabo un experimento de cultivo trampa. De las muestras de suelo homogeneizadas se tomaron 200 g de cada una de las 45 muestras de cada temporada de recogida (90 muestras en total) para multiplicar las esporas de HMA en un cultivo trampa (VESTBERG, 1995). Se utilizó un sustrato compuesto por arena lavada y latosol rojo oscuro (LE) (1:2, v/v). El sustrato se esterilizó en autoclave a 120°C y 1 atm. de presión durante 20 minutos, y este proceso se repitió tres veces.

A continuación, el sustrato se mezcló con las muestras de suelo 1:1, y luego la mezcla se colocó en macetas con una capacidad de 1,5 kg, con tres repeticiones por muestra. Se sembraron semillas (50-70) de *Urochloa brizantha* y se mantuvieron durante cuatro meses en el invernadero. Posteriormente, se extrajeron unos 50g de tierra para la extracción de esporas de HMA.

4.7 Evaluación morfológica de la diversidad de las esporas de hma

Al mismo tiempo que se contaban las esporas, se agrupaban en morfotipos según las características morfológicas observadas, como el tamaño, el color y la ornamentación de la pared de la espora. Las esporas de cada morfotipo se montaron permanentemente en portaobjetos de polivinil-lacto-glicerol (PVLG) y PVLG mezclado con reactivo de Melzer (1:1, v/v) y se examinaron con un microscopio compuesto acoplado a una cámara (Leica DM 2500). Las esporas se identificaron a nivel de género y especie basándose en el análisis de la estructura de la pared de la espora, la reacción de Melzer y otra información taxonómica como las características y comparaciones con las descritas originalmente (BLASZKOWSKI, 2012), y las referencias en línea de las especies descritas en el sitio web de INVAM en la Universidad de West Virginia, EE.UU. (INVAM, 2020). Las esporas con características gigasporoides diferenciando dos o más

paredes germinales y las esporas glomoides que no pudieron ser atribuidas a especies fueron ubicadas en los géneros *Scutellospora* y *Glomus* respectivamente, siguiendo la nomenclatura y clasificación de especies propuesta por Redecker et al. (2013).

4.8 Análisis de los datos

En cuanto a los atributos químicos y granulométricos, se utilizó una correlación de Pearson para comprobar si existían correlaciones entre la abundancia de esporas y la riqueza de especies de HMA con los atributos físicos y químicos del suelo y entre la abundancia de esporas y la riqueza de especies, utilizándose un nivel de significación de 0,05 para todas las pruebas realizadas.

Los datos de abundancia total de esporas se transformaron logarítmicamente $(x + 1)$ antes del análisis para cumplir los requisitos de normalidad y homogeneidad de la varianza. Las diferencias en la abundancia total de esporas y la riqueza de especies entre lugares se comprobaron mediante un análisis de la varianza (ANOVA) de una vía y la comparación de medias de Tukey ($P < 0,05$).

Los valores de la tasa de colonización micorrícica en las raíces de *P. gracilipes* en las estaciones seca y lluviosa se transformaron en $\arcsin \sqrt{x + 1}$ antes del análisis. Las diferencias entre muestras relacionadas para la tasa de colonización micorrícica se compararon mediante una prueba t de Student.

Se utilizó un análisis de permutación de varianza multivariante (PERMANOVA) para comprobar si la composición de la comunidad de HMA difería entre tipos de bosque y estaciones, utilizando la distancia de Jaccard y 999 permutaciones. Se empleó un análisis de ordenación (NMDS) para representar los resultados del análisis PERMANOVA, utilizando una matriz de Jaccard para la ordenación. Los análisis se llevaron a cabo utilizando el programa R (R CORE TEAM, 2015).

Se obtuvieron dos matrices para correlacionar los patrones de las comunidades de HMA con las propiedades físicas y químicas del suelo. La primera matriz se obtuvo con los datos de abundancia de las especies de HMA en cada zona y estos datos se sometieron a la transformación de Hellinger antes del análisis. Las especies raras (<10% de la frecuencia total) se eliminaron del análisis, ya que disminuyen el poder de clasificación de los datos (HILL; GAUCH, 1980). Se obtuvo una segunda matriz de propiedades del suelo y se eliminaron las variables colineales en función de un factor de inflación de la varianza (VIF) 10. Ambas matrices se sometieron a un análisis discriminante de redundancia (ADR) seguido de una selección paso a paso (BLANCHET; LEGENDRE; BORCARD, 2008) y se analizaron para determinar la proporción de varianza en la comunidad de HMA explicada por las propiedades del suelo. Todos los análisis multivariantes se llevaron a cabo utilizando los paquetes “packfor” (DRAY et al., 2016) y “vegan” (OKSANEN et al., 2015) en la plataforma de software R (R CORE TEAM, 2015)

5. Resultados

5.1 Análisis químico, granulometría y clasificación del suelo

Con respecto a las propiedades químicas (Tabla 1, Apéndice B), se pudo observar que los suelos donde está presente *P. gracilipes* tienen un contenido promedio mayor de M.O., pH, P, K, Ca, Mg, H+Al, Fe, Zn, Mn y B, en comparación con aquellos donde no está presente esta leguminosa. En relación con la época de muestreo, se observó que existen cambios en las propiedades químicas según la época del año. La materia orgánica (MO), B, Ca, Mg y Mn fueron significativamente mayores ($P < 0,05$) en FRP en comparación con otros sitios en la estación seca. Los valores de MO y K fueron significativamente superiores en la estación seca en comparación con la estación lluviosa. Con respecto a la granulometría (textura), la concentración de arena no fue significativamente diferente entre FPP y FRP, pero los valores fueron superiores a FPP. Los valores de limo fueron similares ($P < 0,05$) entre el FPP y el FRP, siendo este último superior al FSP (Tabla 1, Apéndice A). Por otro lado, la clasificación del suelo varió en función de los sistemas forestales (Tabla 2). En el FSP, las clases de suelo encontradas fueron Plinthosol Argiluvial típico, Argissolo grisáceo abrupto y Plintossolo Háptico típico. En las parcelas del FPP, los suelos se clasificaron como Plintossolo Háptico típico, Neossolo Quartzarênico Hidromórfico plintossólico y Plintossolo Argilúvico abráptico, mientras que en el FRP las clases de suelo se clasificaron como Plintossolo Argilúvico abráptico, Argissolo Vermelho abráptico y Argissolo Amarelo abráptico.

Diversos estudios realizados en Maracá evaluando los atributos fisicoquímicos del suelo muestran resultados similares a los obtenidos en este trabajo, es decir, estos suelos presentan altas concentraciones de Fe, Mg, Ca y AL, además de ser ácidos y arenosos (CARVALHO, 2014; NASCIMENTO et al., 2017). Los resultados obtenidos de los análisis químicos y granulométricos del suelo de la Isla de Maracá coinciden con la mayoría de los suelos de tierra firme de la Amazonia, que son más pobres, por lo que los agentes químicos y biológicos han actuado lentamente sobre

ellos durante miles de años, estimulando la pérdida de bases intercambiables, y contribuyendo a suelos notablemente ácidos (VENDRAME, 2011). Además, la elevada estabilidad topográfica combinada con un clima cálido y húmedo continuo ha dado lugar a una profunda meteorización y lixiviación del material parental, eliminando la roca madre como fuente de nutrientes (QUESADA et al., 2010), por lo que el ciclo de nutrientes desde la cubierta vegetal es extremadamente importante para el mantenimiento del bosque. De acuerdo con los datos obtenidos de la clasificación de suelos en la Isla de Maracá, las clases de suelo predominantes fueron Argissoles y Plintossoles. Estos resultados son similares a los reportados por Robison y Nortcliff (1991), quienes realizaron un estudio exhaustivo de esta área y encontraron que estas clases de suelo se encuentran entre las más abundantes de la isla.

Tabla 1. Atributos químicos y granulometría de muestras de suelo colectadas a la profundidad de 0-10 cm en diferentes estaciones (seca y lluviosa) en presencia/ausencia de *P. gracilipes* en la Isla de Maracá, Roraima, Brasil.

Atributos químicos	FRP			PPP			FRP		
	Seca	Lluviosa	Media	Seca	Lluviosa	Media	Seca	Lluviosa	Media
pH	4.85±0.27a	4.37±0.23b	4.61	4.98±0.22a	5.14±0.58a	5.06	4.96±0.14a	4.93±0.39a	4.94
B	0.18±0.07b	0.30±0.08b	0.24	0.21±0.08b	0.42±0.07a	0.31	0.28±0.05a	0.45±0.1a	0.36
Ca	2.27±0.80b	3.13±1.19b	2.70	3.0±1.31b	4.87±2.59ab	3.93	4.4±1.96a	6.4±2.47a	5.40
Cu	0.43±0.15a	0.43±0.18b	0.43	0.5±0.18a	0.63±0.30ab	0.57	0.43±0.16a	0.49±0.15a	0.46
Fe	37.6±25.67b	36.56±26.37b	37.08	113.73±46.97a	238.87±152.99a	176.30	96.2±49.71a	148.85±104.76a	122.53
P	4.67±3.29a	5.33±1.29b	5	4.67±2.13a	6.27±0.96ab	5.47	6.2±1.61a	7.13±1.69a	6.67
H+Al	26.27±7.81b	23.87±7.76b	25.07	30.27±5.71ab	29.67±8.41b	29.97	36.67±10.64a	42.87±16.87a	39.77
K	56.42±14.51b	30.68±9.07b	43.55	68.9±24.96ab	47.06±15.07a	57.98	83.98±43.52a	53.3±11.85a	68.64
Al	2.6±0.99a	2.33±1.35a	2.47	2.73±1.1a	1.73±1.16a	2.23	2.8±1.61a	2.2±1.42a	2.50
Mg	1.8±0.41c	1.6±0.74c	1.70	3.8±1.70b	3.67±1.8b	3.73	5.4±1.99a	5.47±1.1a	5.43
Mn	6.12±4.44b	6.68±3.94b	6.40	8.99±5.28b	15.69±15.88b	12.34	25.54±21.98a	35.65±26.25a	30.59
M.O.	15.07±7.20c	6.53±2.64b	10.80	23.0±7.49b	14.67±6.13a	18.83	30.47±9.67a	17.6±6.93a	24.03
S	6.8±3.61a	5.07±1.28b	5.93	5.87±2.80a	5.13±1.06b	5.50	5.2±2.70a	6.53±0.83a	5.87
Zn	0.46±0.12b	0.48±0.07b	0.47	0.78±0.28ab	0.72±0.29b	0.75	1.1±0.80a	1.15±0.75a	1.12
Textura									
Arcilla	N/A	106.8±56.85a	106.80	N/A	119.8±41.19a	119.80	N/A	121.07±20.81a	121.07
Limo	N/A	45.2±31.39b	45.20	N/A	95.53±65.02a	95.53	N/A	74.93±29.27ab	74.93
Arena	N/A	848.0±72.62a	848	N/A	784.67±101.76a	784.67	N/A	804.0±41.02a	804

Las medias seguidas de la misma letra entre estaciones de cada uno de los tipos de bosque analizados no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 5% mediante la prueba de Tukey.

Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares
en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima

Tabla 2. Valores de textura (arena, limo y arcilla) clase textural y clasificación del suelo en presencia/ausencia de *P. gracilipes* en la Isla de Maracá, Roraima, Brasil.

Áreas		Profundidad	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	Clase de 2° nivel categórico
L3-500		Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	Clase de 2° nivel categórico	
		0 - 20	827.6	77.8	94.3	Arenosa/Media pesada	Plintossolo Argilúvico típico
		20 - 30	706.2	105.5	188.4		
		30 - 40	629.2	101.8	268.9		
		40 - 50	651.6	88	260.4		
		50 - 60	614.6	84.4	301		
		60 - 70	626.3	80.8	292.8		
		70 - 80	655.1	75.3	269.6		
		80 - 90	637.6	73.8	288.7		
	90 - 100	662.2	74.3	263.6			
FSP	L3-1500	0 - 20	843.2	83.7	73.1	Arenosa/Media leve	Argissolo Acinzentado abruptico
		20 - 30	815.7	101.1	83.1		
		30 - 40	807.2	101.1	91.6		
		40 - 50	796.9	142.1	61		
		50 - 60	781.2	103.2	115.7		
		60 - 70	803.3	81.6	115.1		
		70 - 80	771.7	92.6	135.7		
		80 - 90	753.9	96	150.1		
		90 - 100	746.9	96.7	156.4		
	L3-2500	0 - 20	872.4	62.5	65	Media leve	Plintossolo Háptico típico
		20 - 30	848.2	73.6	78.2		
		30 - 40	809.5	99.7	90.7		
		40 - 50	810.5	99.7	89.7		
		50 - 60	790.9	103.8	105.3		
		60 - 70	748.4	122.8	128.8		
		70 - 80	740.9	90.7	168.4		
		80 - 90	744.7	91.8	163.5		
		90 - 100	731.8	88.2	180		

FPP	L4-2500	0 - 20	820.4	106.4	73.3	Media leve	Neossolo Quartzarênico Hidromórfico plintossólico
		20 - 30	778.1	137.3	84.7		
		30 - 40	770.7	133.7	95.6		
		40 - 50	773.2	125.7	101.2		
		50 - 60	792.9	114.8	92.3		
		60 - 70	806.1	105.7	88.2		
		70 - 80	807.3	109.6	83		
		80 - 90	886.8	51.1	62.1		
	90 - 100	855.4	67.5	77			
	L4-3500	0 - 20	849.4	81.3	69.3	Media leve	Cambissolo Háplico espezzarênico
		20 - 30	846	82.7	71.2		
		30 - 40	842.3	77.1	80.6		
		40 - 50	852.6	75.7	71.7		
		50 - 60	878.3	64.1	57.6		
		60 - 70	876.8	75.1	48.1		
		70 - 80	893.4	64.1	42.5		
		80 - 90	856.7	77.7	65.6		
	90 - 100	789.6	77.8	132.6			
	L5-3500	0 - 20	785.3	104.4	110.4	Arenosa/Media pesada	Plintossolo Argilúvico abruptico
		20 - 30	796.9	99.8	103.3		
		30 - 40	777.8	102.8	119.4		
		40 - 50	750.1	100.3	149.5		
		50 - 60	568.7	245.2	186.1		
		60 - 70	677.1	80.8	242.1		
		70 - 80	614.5	83.6	301.9		
		80 - 90	603.1	81.6	315.4		
	90 - 100	613	85	302			
FRP	L6-3500	0 - 20	811.9	78.2	109.8	Arenosa/arcillosa	Argissolo Vermelho abruptico
		20 - 30	737.8	93.4	168.8		
		30 - 40	669.7	100.5	229.8		
		40 - 50	627.1	86.6	286.3		
		50 - 60	561	85.6	353.5		
		60 - 70	539.4	72.1	388.5		
		70 - 80	584.1	72	343.9		
		80 - 90	589.2	80.5	303.3		
	90 - 100	537.9	77.1	385			

L6-4500	0 - 20	872.4	69.1	58.6	Arenosa/Media	Argissolo Amarelo abruptico
	20 - 30	835.6	80.7	83.7		
	30 - 40	849.3	74.6	76.1		
	40 - 50	827.8	95.1	77.1		
	50 - 60	825.8	92.6	81.6		
	60 - 70	790.7	80.3	129		
	70 - 80	812.7	102.2	85.1		
	80 - 90	701.9	72.5	225.6		
	90 - 100	593.1	113.9	293		

5.2 Extracción y recuento de esporas de hma

La densidad, la riqueza media de especies (S), el índice de Shannon (H) y el índice de equitatividad de Pielou (J) se muestran en la Tabla 3. La densidad media de esporas por 50 g de suelo fue superior en FRP en comparación con las demás cubiertas vegetales. Fue significativamente diferente entre las estaciones; el valor más alto para esta variable se encontró en la estación seca que en la estación lluviosa. En ambas estaciones, los suelos FRP presentaron un mayor número medio de esporas (107,67) que FPP (53,03) y FSP (49,40). La riqueza de especies varió según la estación y entre tipos de bosque (Tabla 3), siendo la estación seca la que mostró la mayor diversidad de especies en los tres tipos de bosque estudiados. Los valores más altos de riqueza se encontraron en el FRP con un valor de 13,46 en la estación seca y 9,13 en la estación lluviosa, mientras que los valores más bajos se registraron en el FSP en las estaciones seca y lluviosa con valores de 9,40 y 5,33 respectivamente. El índice de Shannon fue significativamente mayor en la estación seca que en la lluviosa en los tres tipos de bosque. La diversidad expresada por el índice de Shannon indicó que el FSP era el tipo de planta más diverso en la estación seca ($H = 2,52$). No se encontraron diferencias significativas para el índice de equitatividad de Pielou en las dos estaciones de recolección.

Según Morton et al. (2004), la cuantificación del número de esporas presentes en el suelo es indispensable para evaluar la presencia de HMA

y varios factores influyen en la esporulación, como la estacionalidad climática y la fenología del huésped. Leal; Stürmer y Siqueira (2009) y Carneiro et al. (2016) evaluaron la ocurrencia y diversidad de HMA en la región tropical, y también encontraron un mayor número de esporas viables en la estación seca en comparación con la estación lluviosa. Estos resultados están en línea con lo esperado, con una intensa esporulación en la estación seca como estrategia de supervivencia durante la fase de estrés hídrico de las plantas huésped (DEEPIKA; KOTHAMASI 2014; DA SILVA et al., 2014). Los números de esporas de HMA encontrados aquí fueron altos (60 a 150 en la estación seca y entre 25 y 70 en la estación lluviosa) en comparación con el estudio realizado por Stürmer et al. (2018) en un área de transición sabana-bosque en Roraima, donde registraron entre 5 y 25 esporas de HMA en 50 g de suelo. Araújo et al. (2019) evaluaron la diversidad de HMA en bosque nativo en el estado de Roraima y también encontraron una densidad inferior a la observada en la isla de Maracá (18 esporas en 50 mL de suelo).

Tabla 3. Número total de esporas de HMA (en 50 g de suelo), riqueza media de especies (S) por muestra, índice de Shannon (H) e índice de equitatividad de Pielou (I) en diferentes estaciones (seca y lluviosa) y presencia/ausencia de monodominancia de *P. gracilipes* en la isla de Maracá, Brasil.

Ítems avaliados/ Cobertura vegetal y época	FSP			FPP			FRP		
	Seca	Lluviosa	Media	Seca	Lluviosa	Media	Seca	Lluviosa	Media
	No. Esporas 50 g solo ⁻¹	73.8± 0.85a	25.0± 0.42b	49,40	63.93± 0.67a	42.13± 0.64b	53,03	148.9± 1.21a	66.4± 0.81b
S	9.40± 1.35a	5.33± 1.23b	7,367	9.53± 1.19a	6.93± 1.58b	8,233	13.46± 1.30a	9.13± 1.06b	11,30
H	2.13± 0.15a	1.55± 0.23b	1,84	2.16± 0.12a	1.80± 0.27b	1,99	2.52± 2.53a	2.12± 0.13b	2,33
J	0.95± 0.1a	0.94± 0.3a	0,95	0.96± 0.1a	0.94± 0.3b	0,95	0.97± 0.1a	0.96± 0.12a	0,97

Las medias seguidas de la misma letra entre estaciones de cada uno de los tipos de bosque analizados no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 5% mediante la prueba de Tukey.

5.3 Identificación de especies de hma en muestras de campo

Se recuperaron e identificaron 18 morfotipos de esporas de HMA a partir de las muestras de campo en los tres tipos de bosque recogidas durante la estación seca y 13 morfotipos durante la estación lluviosa (Tabla 4, Apéndice A). De los morfotipos encontrados, sólo 10 fueron identificados en cuanto al género. Las esporas identificadas pertenecen a *Glomus* (familia Glomeraceae), *Acaulospora* (familia Acaulosporaceae), *Gigaspora*, *Dentiscutata* y *Scutellospora* (familia Gigasporaceae) y *Archaeospora* (familia Archaeosporaceae). *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Acaulospora mellea*, *Acaulospora* sp1 y *Acaulospora* sp2. Se detectaron en todos los tipos de bosque y en ambas estaciones, pero su frecuencia varió según el tipo de bosque y la estación de recolección. Un total de 17 morfotipos de HMA se encontraron en la FRP, de los 18 que se identificaron en la isla de Maracá durante la estación seca. El FRP fue el tipo de bosque con mayor abundancia de individuos (2234) en la estación seca y (996) en la estación lluviosa en comparación con el FPP (959 y 632) y el FSP (1007 y 375) respectivamente. Las especies *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Acaulospora mellea*, *Scutellospora* sp1 y *Scutellospora* sp2 se presentaron en todas las áreas en ambas estaciones, siempre con porcentajes más altos en comparación con las otras especies registradas. Las especies *Glomus* sp1, *Gigaspora margarita* y *Dentiscutata biornata* aparecieron en los tres tipos de bosque sólo durante la estación seca.

La riqueza y diversidad de especies registrada en este estudio está dentro del rango detectado por Stürmer et al. (2018) en áreas de sabana en el estado de Roraima, quienes realizaron el primer estudio en la región y encontraron 21 especies para este bioma. Las especies incluyeron todas las encontradas en la isla de Maracá, con excepción de *Acaulospora spinosa*. Otro estudio realizado en la región en diferentes sistemas de uso del suelo (agroforestal, cultivos convencionales de soja y maíz y bosque nativo) encontró 16 especies de HMA pertenecientes a cinco familias (ARAÚJO et al., 2019). Del total de especies de HMA encontradas en estos sistemas de uso del suelo, no se observaron las especies *Acaulospora spinosa*, *Acaulospora colombiana*, *Acaulospora scrobiculata*, *Archaeos-*

pora trapei y *Gigaspora margarita*, presentes en Maracá. La riqueza de especies de HMA encontrada también está dentro del rango detectado en la sabana tropical de Kenia (14 especies por MUCHANE et al., 2012). Aunque inferior a las registradas en la selva amazónica de Ecuador (32 especies por GARCÉS-RUIZ et al., 2019) y La Gran Sabana de Venezuela (29 especies por LOVERA; CUENCA, 2007).

Tabla 4. Familias y especies de HMA y número de esporas encontradas en diferentes estaciones (seca y lluviosa) y presencia/ausencia de monodominancia de *P. gracilipes* en la Isla de Maracá, Brasil.

Código	Familias/Especies de HMA	FSP		FPP		FRP	
		Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa
	Familia Glomeraceae						
Glo1	<i>Glomus sp1</i>	109	120	107	166	279	186
Glo2	<i>Glomus sp2</i>	85	39	95	48	93	70
Glo3	<i>Glomus sp3</i>	-	22	2	99	327	96
Glo4	<i>Glomus sp4</i>	-	-	6	-	249	-
Glo5	<i>Glomus sp5</i>	137	-	115	-	166	-
	Familia Acaulosporaceae						
Acol	<i>Acaulospora colombiana</i> (Spain & Schenck) Kaonon-gbua, Morton and Bever	-	-	9	-	17	-
Amell	<i>A. mellea</i> Spain and Schenck	1	8	46	21	122	62
Ascro	<i>A. scrobiculata</i> Trappe	-	-	13	3	226	108
Aspin	<i>A. spinosa</i> C. Walker and Trappe	14	4	-	102	79	20
Acau1	<i>Acaulospora sp1</i>	27	6	29	16	23	16
Acau2	<i>Acaulospora sp2</i>	13	16	5	16	72	35
	Familia Gigasporaceae						
Gmarg	<i>Gigaspora margarita</i> Becker and Hall	242	-	153	-	90	-
Giga1	<i>Gigaspora sp1</i>	-	-	-	8	76	268

Dbior	<i>Dentiscutata biornata</i> (Spain, Sieverd. and S. Toro) Sieverd., F.A. Souza and Oehl	176	-	146	-	176	-
Dhete	<i>D. heterogama</i> (T.H. Nicol. and Gerd.) Sieverd., F.A. Souza and Oehl	-	1	70	42	64	60
Scut1	<i>Scutellospora sp1</i>	160	60	36	4	2	0
Scut2	<i>Scutellospora sp2</i>	113	84	115	107	173	75
	Familia Archaeosporaceae						
Artra	<i>Archaeospora trappei</i> (Ames & Linderman) J.B. Morton and D. Redecker	30	15	12	-	-	-

5.4 Identificación de especies de hma en cultivo trampa

En cuanto a la identificación de las esporas en el cultivo trampa (Tabla 5), se encontraron 19 especies en la estación seca, 13 de las cuales se habían registrado previamente en las muestras de campo. Seis especies de HMA (*Acaulospora morrowiae*, *Claroideoglosum etunicatum*, *Gigaspora sp2*, *Rhizophagus clarus*, *Cetraspora pellucida* y *Glomus sp6*) se detectaron esporulando exclusivamente en plantas trampa FSP y FPP. En la estación lluviosa, se detectaron 16 especies esporulando en las plantas trampa y cuatro de ellas (*Acaulospora morrowiae*, *Rhizophagus clarus*, *Cetraspora pellucida* y *Glomus sp6*) se recuperaron exclusivamente en las trampas FSP y FPP. En cuanto a la identificación de las esporas en el cultivo trampa del FRP, tanto en la estación seca como en la lluviosa, se detectaron las mismas especies que en las muestras analizadas directamente del campo.

En condiciones de campo, un gran número de especies de HMA son incapaces de esporular, por lo que el cultivo trampa se utiliza para permitir esta esporulación. La recuperación de seis especies adicionales de HMA en la estación seca y cuatro en la estación lluviosa, utilizando *Urochloa brizantha* como cultivo trampa, demostró su eficacia. Incluso sin el uso de diferentes diluciones, como se recomienda (STUTZ; MORTON, 1996),

ya que las especies de HMA tienen diferentes dinámicas de esporulación en la trampa. Nuestros resultados fueron superiores a los registrados en un estudio realizado en las sabanas de Roraima (STÜRMEER et al., 2018), donde sólo se encontraron dos especies adicionales utilizando la metodología de dilución al 50%, 25% y 12,5%. En otro estudio, realizado en las sabanas venezolanas, solo se capturaron 3 especies adicionales en dos temporadas de colecta utilizando el cultivo con trampas (LOVERA; CUENCA, 2007). Un estudio realizado por Leal; Stürmer y Siqueira (2009), en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia (bosque primario, bosque secundario, pastizales y sistemas agroforestales), recuperó 23 especies de HMA en total del cultivo trampa, de las cuales 13 y 14 fueron recuperadas del bosque primario y secundario respectivamente, lo que está dentro del rango encontrado en la Isla de Maracá. Estos resultados parecen indicar que el número de especies de HMA recuperadas del cultivo trampa en Maracá es alto en comparación con otros sistemas de uso de la tierra.

Tabla 5. Familia y especies de HMA identificadas en el cultivo trampa con *Urochloa brizantha*, en diferentes estaciones (seca y lluviosa) y presencia/ausencia de monodominancia de *P. gracilipes* en la Isla de Maracá, Brasil.

Familias/Especies de HMA	FSP		FPP		FRP	
	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa
Familia Glomeraceae						
<i>Glomus sp1</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Glomus sp2</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Glomus sp3</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Glomus sp6</i> ***	X			X		
<i>Rhizophagus clarus</i> ***	X	X				
Familia Acaulosporaceae						
<i>Acaulospora colombiana</i> (Spain & Schenck) Kaonongbua, Morton and Bever	X		X		X	
<i>A. mellea</i> Spain and Schenck	X	X	X	X	X	X
<i>A. scrobiculata</i> Trappe		X		X		X
<i>A. spinosa</i> C. Walker and Trappe	X		X		X	
<i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & Schenck ***	X			X		
<i>Acaulospora sp1</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Acaulospora sp2</i>	X	X	X	X	X	X
Familia Gigasporaceae						
<i>Cetraspora pellucida</i> (Nicol. & Schenck) Oehl F.A.Souza & Sieverding		X	X			
<i>Gigaspora margarita</i> Becker and Hall	X	X	X	X	X	X
<i>Gigaspora sp1</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Gigaspora sp2</i> ***			X			
<i>D. heterogama</i> (T.H. Nicol. and Gerd.) Sieverd., F.A. Souza and Oehl	X		X		X	
<i>Scutellospora sp1</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Scutellospora sp2</i>		X		X		X

Familia Archaeosporaceae						
<i>Archaeospora trappei</i> (Ames & Linderman) J.B. Morton and D. Redecker	X	X	X	X	X	X
Familia Claroideoglomeraceae						
<i>Claroideoglomus etunicatum</i> ***	X					

*** Especies de HMA exclusivas de cultivos trampa.

5.5 Colonización micorrícica de las raíces de *P. gracilipes* en el campo

En la Tabla 6 se muestra la tasa de colonización micorrícica en *P. gracilipes* en dos estaciones, seca y lluviosa. Existe una diferencia significativa entre las dos estaciones de recolección, mostrando la estación seca una mayor colonización micorrícica en las raíces de *P. gracilipes* ($P < 0,01$) con un 63,69 % en comparación con la estación lluviosa que mostró un valor de 18,7 % de colonización. La colonización micorrícica por encima del 40% encontrada aquí también ha sido reportada en otras zonas tropicales. En un bosque tropical de Singapur (LOUIS; LIM, 1987), en la selva atlántica de Brasil (ZANGARO et al., 2013) y también en la selva amazónica de Ecuador (GARCÉS-RUIZ et al., 2019). Como se ha observado en este estudio, la esporulación y la colonización radicular son dos fenómenos que están estrechamente relacionados, por lo que el conocimiento del patrón estacional de la colonización micorrícica es necesario para cuantificar el funcionamiento y la importancia ecológica de los HMA (MEDDAD-HAMZA et al., 2017). Diversos atributos del suelo, como un bajo contenido de pH, un alto contenido de arena (lo que equivale a una baja retención de agua) y sequías extremas, se asocian a menudo con altas tasas de colonización micorrícica (PEREIRA et al., 2020). En estas condiciones, los HMA son capaces de producir un mayor número de hifas y aumentar la capacidad exploratoria de las raíces (RUIZ-LOZANO, 2003), proporcionando una mayor cantidad de agua y nutrientes para las plantas (ZHANG et al., 2016), lo que también mejora la supervivencia de las plántulas (PEREIRA et al., 2020). La simbiosis micorrícica puede influir no solo en la estructura de la comunidad vegetal, sino también

en los patrones de productividad del ecosistema, el ciclo de nutrientes y la resiliencia. De hecho, la simbiosis con HMA puede ser crucial para el establecimiento de las plantas, especialmente ante el déficit hídrico del suelo (VAN DER HEIJDEN et al., 2015), como ocurre en la isla de Maracá durante la estación seca.

Tabla 6. Porcentaje de colonización micorrícica en raíces de *P. gracilipes* en dos periodos de muestreo (seco y lluvioso) en la Isla de Maracá, Brasil.

COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA (%)		
	Seca	Lluviosa
Media	63.69	18.7
Desviación Estándar	6.08	3.75
Coefficiente de variación	9.55	20.08

5.6 Relación entre hma y monodominancia de *p. gracilipes*

Algunos estudios han demostrado que la monodominancia de algunas especies arbóreas tropicales parece estar estrechamente relacionada con su asociación con hongos ectomicorrízicos, lo que ha llevado a la hipótesis de que estos hongos podrían facilitar el establecimiento de plántulas que crecen bajo luz limitada, por lo tanto, de forma altamente competitiva, excluyendo a las plántulas que no tuvieran esta asociación simbiótica (TORTI; COLEY, 1999; MCGUIRE et al., 2008). Para las especies *Dicymbe corymbosa* Spruce ex Benth. y *Dicymbe altsonii* Sandwith, ambas pertenecientes a la familia Caesalpiniaceae, en un bosque tropical de Guyana, la monodominancia y la supervivencia están estrechamente ligadas a la presencia de hongos ectomicorrízicos (MCGUIRE et al., 2008).

Connell y Lowman (1989) sugieren que la monodominancia de una especie vegetal está relacionada con la aparición de interacciones entre hongos ectomicorrízicos. En el caso del bosque de *P. gracilipes* localizado en Maracá, no se detectó la presencia de hongos ectomicorrízicos, sino solamente de HMA (NASCIMENTO, 1994). Los resultados obtenidos

confirman la colonización por HMA en *P. gracilipes* y algunas especies encontradas solamente en el PRF (*Gigaspora* sp.1 y *Acaulospora scrobiculata*) pueden ser un factor adicional para la supervivencia y monodominancia de esta leguminosa en la Isla de Maracá, debido a los beneficios que estos hongos proporcionan.

5.7 Correlación entre los atributos del suelo y la densidad y riqueza de especies de hma

El análisis de correlación lineal de Pearson (Tabla 7) mostró que la densidad de esporas y la riqueza de especies de HMA estaban positivamente correlacionadas con algunos de los atributos químicos del suelo. En cuanto a la densidad de esporas en la estación seca, las correlaciones más altas se obtuvieron con B, Ca, Mg, Mn y M.O. ($P < 0.01$). En la estación lluviosa, la densidad de esporas se correlacionó positivamente con pH, B, Ca, Mg, Mn y M.O. ($P < 0.01$). En cuanto a la riqueza de especies, tanto en la estación seca como en la lluviosa las correlaciones más altas se obtuvieron con Ca, Mg y Mn ($P < 0,01$). No se detectó ninguna correlación entre los atributos físicos del suelo y la abundancia y riqueza de especies.

Las características del suelo pueden afectar a la micorrización tanto positiva como negativamente. Las correlaciones más altas entre los atributos físicos y químicos del suelo y la abundancia y riqueza de especies de HMA obtenidas en este estudio fueron con Mg, Mn, Ca, B y M.O. en la estación seca y con P, K y pH en la estación lluviosa. En este caso, factores como la acidez, las concentraciones de materia orgánica, fósforo, potasio, nitrógeno, aluminio, cobre, zinc y magnesio en el suelo interfieren en el establecimiento y rendimiento de la simbiosis (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2017), lo que se refleja en la capacidad de colonización del huésped y en la producción de esporas del hongo (PEÑA-VENEGAS et al., 2007). Stürmer et al. (2013) plantearon la hipótesis de que los suelos arenosos con bajo contenido en materia orgánica están asociados a la dominancia de especies de HMA pertenecientes a la familia Gigasporaceae. De hecho, los suelos de la isla de

Maracá tienen un alto contenido de arena, especialmente en el tipo de bosque FRP (VILLELA; PROCTOR 2017).

Tabla 7. Valores del coeficiente de correlación (r) entre atributos químicos y granulometría del suelo con la riqueza y abundancia de especies de HMA en diferentes estaciones (seca y lluviosa) en la Isla de Maracá, Brasil.

Atributos del suelo	Época Seca		Época Lluviosa	
	Abundancia de esporas	Riqueza de especies	Abundancia de esporas	Riqueza de especies
	r	r	r	r
pH	0.232ns	0.136ns	0.476***	0.410**
B	0.436**	0.442**	0.420**	0.350**
Ca	0.472***	0.520***	0.592***	0.549***
Cu	-0.164ns	-0.077ns	0.144ns	0.087ns
Fe	0.185ns	0.049ns	0.362**	0.333ns
P	0.225ns	0.296*	0.442**	0.368ns
H+Al	0.272ns	0.189ns	0.376**	0.297ns
K	0.218ns	0.206ns	0.431**	0.329**
Al	-0.085ns	-0.095ns	-0.201ns	-0.135ns
Mg	0.495***	0.458***	0.615***	0.559***
Mn	0.357**	0.477***	0.610***	0.457***
M.O.	0.396***	0.274ns	0.534***	0.431**
S	-0.196ns	-0.236ns	0.380**	0.368**
Zn	0.313ns	0.219ns	0.375**	0.327*
Textura		X		
<i>Arcilla</i>	0.075ns	0.117ns	0.246ns	0.291*
<i>Limo</i>	-0.087ns	0.067ns	0.296*	0.268ns
<i>Arena</i>	0.014ns	-0.103ns	-0.313*	-0.319*

*, ** e ***: significación estadística a $P < 0,05$; $P < 0,01$ y $P < 0,001$, respectivamente; ns: no significativo.

El test PERMANOVA es un ANOVA de permutación, desarrollado para probar la respuesta simultánea de una o más variables a uno o más factores. Con base en los datos de presencia y ausencia en este estudio, la disimilitud en la composición de la comunidad de HMA entre todos los sitios y épocas de colecta fue evidente ($P < 0,01$) (Tabla 8). La composición de las especies de HMA en los tres tipos de bosque estudiados

en Maracá fue diferente entre sí. Los conglomerados formados por la disimilitud de la composición de especies de HMA en el FRP en relación al FSP y al FRP muestran que las especies aquí encontradas son restrictivas a esta área ($P < 0,01$) (Figura 2). En cuanto a la composición de las especies de HMA encontradas en las dos estaciones de recolección (Figura 3), se pudo observar que la presencia/ausencia de las especies de HMA encontradas en la estación seca fue diferente de la composición de las especies en la estación lluviosa ($P < 0,01$).

Los microorganismos del suelo son organismos genéticamente diversos, abundantes y funcionalmente importantes (ROESCH et al, 2007; VAN DER HEIJDEN; BARDGETT; STRAALLEN, 2008), por lo que comprender los patrones biogeográficos y lo que los impulsa es fundamental para mantener los ecosistemas en un entorno cambiante. Actualmente, se han descrito 270 especies de HMA en el filo Glomeromycota utilizando taxonomía morfológica de esporas (REDECKER et al., 2013). Sin embargo, esto es probablemente una subestimación de la riqueza global de la comunidad HMA (KIVLIN et al., 2011). El conocimiento actual de la distribución geográfica de las especies de HMA es limitado. Se han identificado varios factores que pueden influir en las distribuciones de los HMA en el suelo, incluyendo factores abióticos (por ejemplo, las propiedades físico-químicas del suelo), factores bióticos (por ejemplo, la planta huésped), y las propiedades intrínsecas de la especie (por ejemplo, la dispersión o la capacidad de colonización) (CHAUDHARY et al., 2008).

En este sentido, Hazard et al. (2013) sugieren que la distribución de los HMA en el paisaje está siendo impulsada por el medio ambiente más que por la distancia geográfica. Estudios anteriores basados en la identificación taxonómica de HMA utilizando esporas han demostrado que los parámetros físico-químicos y los diversos sistemas de uso de la tierra influyen en la esporulación de los HMA (WANG, 1993; LOVELOCK et al., 2003), crecimiento del micelio extrarradical (VAN AARLE et al., 2002), densidad y riqueza de esporas (TCHABI et al., 2008) y composición de la comunidad de esporas (FITZSIMONS et al., 2008). Por otro lado, los cambios estacionales en la comunidad de HMA han recibido

una atención sustancial en estudios previos, donde la densidad de esporas y la colonización de raíces fueron mayores en verano que en invierno en un bosque seco estacional en México (GUADARRAMA et al. 2014), un ecosistema agroforestal en Brasil (DE OLIVEIRA y DE OLIVEIRA, 2005), un bosque lluvioso atlántico en Brasil (ZANGARO et al. 2013) y un bosque secundario subtropical en China (MAITRA et al. 2019). Todos estos resultados juntos enfatizan la necesidad de muestrear diferentes estaciones para recuperar la mayoría de las especies de HMA en un sistema dado.

Tabla 8. Valores del análisis PERMANOVA de la composición de especies de HMA en diferentes estaciones (seca y lluviosa) y presencia/ausencia de monodominancia de *P. gracilipes* en la Isla de Maracá, Brasil.

<i>Fatores</i>	<i>Permanova r²</i>	<i>P</i>
Sitios	0.31	<0.001
Estaciones	0.30	<0.001

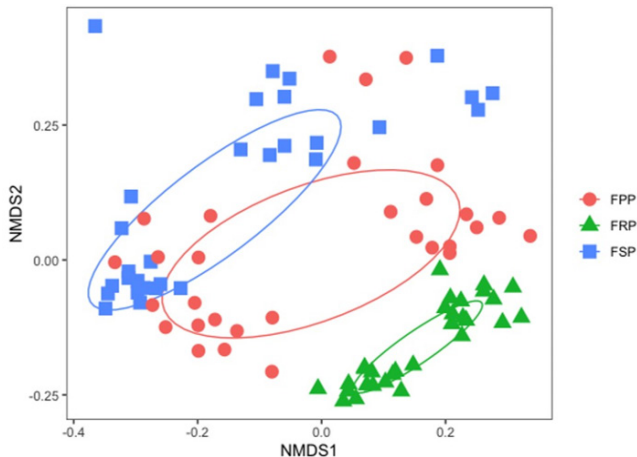


Figura 2.- Composición de especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en los tres tipos de bosque (bosque sin *Peltogyne*, bosque pobre en *Peltogyne* y bosque rico en *Peltogyne*) en la isla de Maracá. Las elipses representan las agrupaciones de HMA formadas por la disimilitud en la composición de especies entre las áreas. Cada punto del gráfico representa una muestra de suelo de cada tipo de bosque durante los dos períodos de recolección.

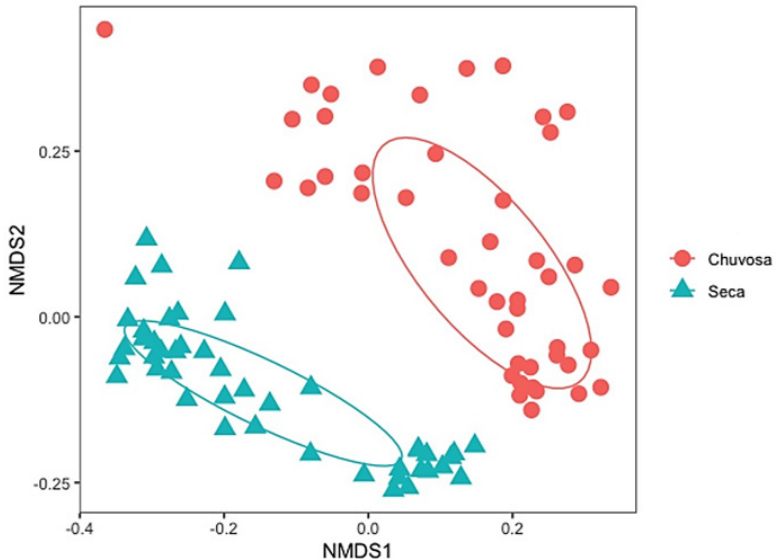


Figura 3.- Composición de especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en las estaciones seca y lluviosa en la Isla de Maracá. Las elipses representan las agrupaciones de HMA formadas por la disimilitud en la composición de especies entre las estaciones. Cada punto del gráfico representa una muestra de suelo de las dos estaciones de recolección.

Los análisis de redundancia (RDA) (Figuras 4 y 5) dieron como resultado siete ejes canónicos en la estación seca y cinco en la estación lluviosa, explicando el 12% de la varianza total mediante la prueba de permutación de Monte Carlo. En la estación seca (Figura 4), los resultados mostraron que *Dentiscutata heterogama* estaba positivamente correlacionada con pH, Fe y Limo y asociada con FPP, *Acaulospora mellea* estaba positivamente correlacionada con H+Al y arena en FRP. *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus* sp3 y *Glomus* sp4 se correlacionaron positivamente con Mn y se asociaron con FRP. Mientras que *Gigaspora margarita* y *Scutellospora* sp1 se correlacionaron negativamente con el Mn y se asociaron con los tipos de bosque FSP y FPP. Las especies de HMA *Archaeospora Trappei*, *Dentiscutata biornata*, *Acaulospora* sp1 y *Scutellospora* sp2 se correlaciona-

ron positivamente con la presencia de Ca y se asociaron con FSP y FPP (Figura 4).

En cuanto a la estación lluviosa (Figura 5), los resultados mostraron que Fe, pH, Arena, Mg y Zn fueron las variables predictoras seleccionadas por las comunidades de HMA. En este sentido, *Gigaspora* sp1 se correlacionó positivamente con Zn y se asoció con FRP, las especies HMA *Acaulospora spinosa*, *Acaulospora* sp1, *Acaulospora* sp2, *Archaeospora trappei*, *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Scutellospora* sp1 y *Scutellospora* sp2 se correlacionaron negativamente con todas las propiedades del suelo mencionadas y se asociaron con los tipos de bosque FSP y FPP (Figura 5).

Algunas propiedades del suelo, como el carbono orgánico y el pH del suelo, son parámetros que se sabe que favorecen la diversidad de HMA (DAVISON et al. 2015). Aunque las especies de HMA como grupo tienden a ser selectivas para un tipo particular de hábitat (ÁLVAREZ-LOPEZTELLO et al. 2019), el análisis RDA que muestra la relación entre las propiedades del suelo y la distribución de las especies de HMA en la isla de Maracá, realizado en ambas estaciones, nos permitió observar que la selectividad parece ser común entre la mayoría de las especies de HMA estudiadas, es decir, la mayoría de las especies de HMA encontradas en esta investigación se obtuvieron de los tres tipos de bosque. De hecho, encontramos pocas especies que pudieran ser indicativas de un tipo de bosque en particular.

De los tres tipos de bosque estudiados en Maracá, sólo el tipo de bosque FRP tuvo especies indicadoras únicas (*Giga1* y *A.Scro*) tanto en la estación seca como en la lluviosa, y estas especies podrían estar influyendo positivamente en la monodominancia de *P. gracilipes* en esta área. Es posible verificar que otras especies de HMA fueron características de una combinación de los tipos de bosque bajo estudio, estos resultados son diferentes al estudio de diversidad de esporas de HMA en ecosistemas neotropicales en México de Álvarez-Lopez-tello et al. (2019), quienes no detectaron una especie de HMA que fuera exclusiva de un tipo de hábitat. Sin embargo, la presencia de especies indicativas de un tipo de

hábitat, como es el caso de las especies que están colonizando el PRF, especialmente aquellas que son exclusivas de esta zona (Giga1 y A.Scro) proporciona una razón adicional para preservar este tipo de vegetación y su funcionamiento, ya que el estudio de los HMA puede ayudar a entender la sucesión vegetal y contribuir a la recuperación exitosa de los bosques tropicales (RAMOS et al., 2011), ya que el impacto de estos hongos es muy significativo para el funcionamiento de los ecosistemas.

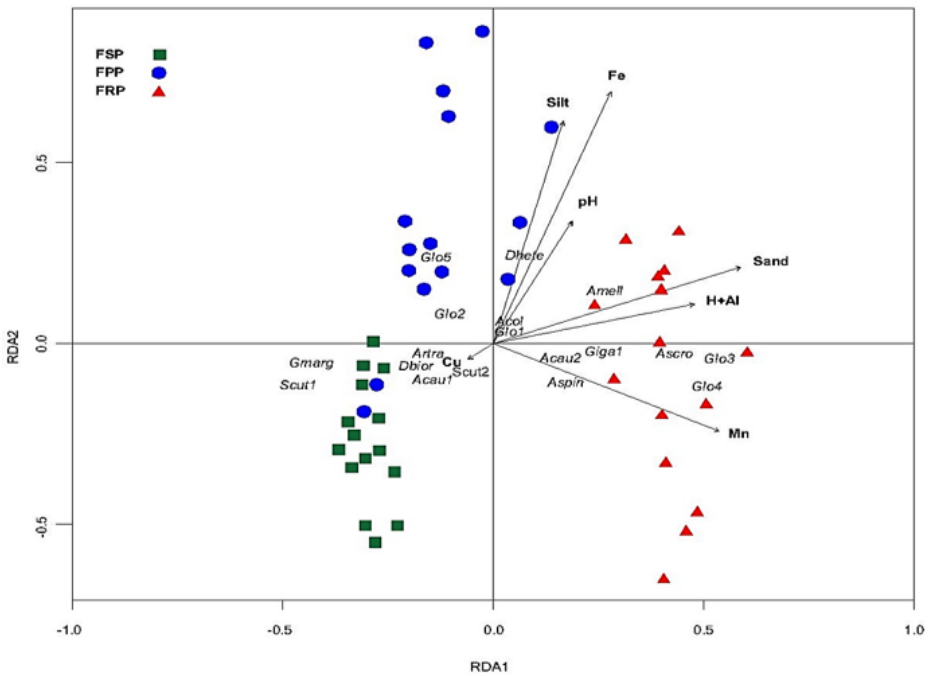


Figura 4.- Análisis de Redundancia (RDA) de las comunidades de HMA con parámetros de suelo y tipos de bosque en la estación seca en la Isla de Maracá, Brasil. Abreviaturas de las especies como en la Tabla 4.

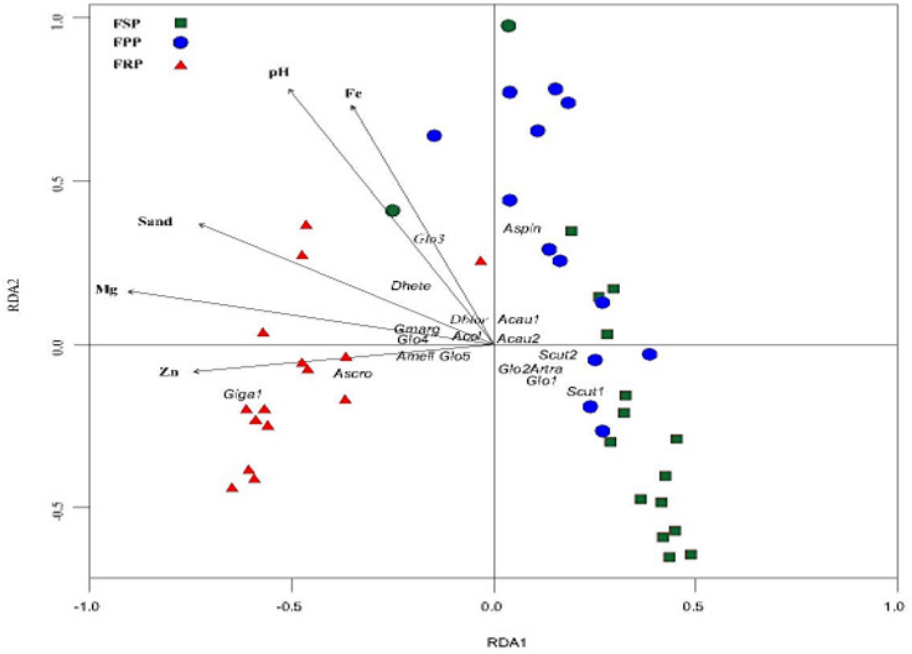


Figura 5.- Análisis de Redundancia (RDA) de las comunidades de HMA con los parámetros del suelo y los tipos de bosque en la estación lluviosa en la Isla de Maracá, Brasil. Abreviatura de las especies como en la Tabla 4

Conclusiones

- Los resultados de este estudio revelan importantes diferencias en la composición de la comunidad de especies de HMA en los tres tipos de bosque (FSP, FPP y FRP) en las dos estaciones (seca y lluviosa) en la isla de Maracá. Estas diferencias pueden explicarse en gran medida por el hecho de que las comunidades de HMA se vieron influidas por los diferentes tipos de bosque, la estacionalidad y las propiedades del suelo.
- El tipo de bosque FRP, en comparación con los otros tipos de ambientes estudiados en esta investigación, presenta una elevada riqueza y diversidad de especies de HMA, algunas de las cuales son exclusivas de este tipo de bosque, como *Gigaspora* sp1 y *Acaulospora scrobiculata*, por lo que debería estudiarse con mayor profundidad la relación entre la supervivencia y adaptación de *P. gracilipes* y los beneficios de la simbiosis micorrícica.

Referências

AIME, M.; BREARLEY, F. Tropical fungal diversity: closing the gap between species estimates and species discovery. **Biodiversity and Conservation**, [S.l.], v. 21, n. 9, p. 2177-2180, ago./dez. 2012.

ALEXANDER, I.; SELOSSE, M. A. Mycorrhizas in tropical forests: a neglected research imperative. **New Phytologist**, Lancaster, v. 182, n. 1, p. 14-16, mar./ago. 2009.

ÁLVAREZ-LOPEZTELLO, J. et al. Spore diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in human-modified neotropical ecosystems. **Ecological Research**, [S.l.], v. 34, n. 3, p. 394-405, dez. 2019.

ARAÚJO, T. M. et al. Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agroforestry, Conventional Plantations and Native Forests in Roraima State, Northern Brazil. **Journal of Agricultural Science**, [S.l.], v. 11, n. 14, p. 1-9, ago. 2019.

BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G., CASTELLON, E. G. (Org.). **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA): Manaus, 1997. p. 325-335.

BEARD, J. S. The classification of tropical American vegetation-types. **Ecology**, [S.l.], v. 36, n. 1, p. 89-100, jul. 1955.

BENCHERIF, K. et al. Soil and seasons affect arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Tamarix* rhizosphere in arid and semi-arid steppes. **Applied Soil Ecology**, [S.l.], v. 107, [s.n.], p. 182-190, jan./dez. 2016.

BERBARA, R. L.; SOUZA, F.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos Arbusculares: Muito além da Nutrição. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. 2006. 85 p.

BEVER, J. D. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the eye, and the ecological tale of why. **Bioscience**, Oxford, v. 51, n. 11, p. 923-931, jul./ago. 2001.

BLANCHET, F.; LEGENDRE, P.; BORCARD, D. Forward selection of explanatory variables. **Ecology**, [S.l.], v. 89, n. 9, p. 2623-2632, may. 2008.

BLASZKOWSKI, J.; CHWAT, G.; GOTO, B. T. Rhizophagus natalensis, a new species in the Glomeromycota. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 129, [s.n.], p. 97-108, abr./jun. 2014.

BRUNDRETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. In: BEGON, M. F.; MACFADYEN, A. (Eds.). **Advances in ecological research**. London: Academic Press, 1991. p. 171-313.

CARNEIRO, R. F. V. et al. Atributos dos fungos micorrízicos arbusculares como indicadores de áreas degradadas e em recuperação no estado do Piauí. **Revista Brasileira de agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 61-69, abr./dez. 2016.

CARVALHO, L. C. S. **Ecologia e estrutura filogenética de uma floresta monodominante na Amazônia**. 2014. 211 p. Tese (Doutorado em ecologia e Recursos Naturais) - Centro de Biociência e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos Dos Goytacazes, 2014.

CARVALHO L. C. S. et al. (2018) Amazon soil charcoal: Pyrogenic carbon stock depends of ignition source distance and forest type in Roraima, Brazil. **Global Change Biology**, Oxford, v. 24, n. 9, p. 4122-4130, apr. 2018.

CHAUDHARY, V. B.; LAU, M. K.; JOHNSON, N. C. Macroecology of microbes biogeography of the glomeromycota. In: VARMA, A. (Ed) **Mycorrhiza**. Berlin: Springer, 2008. p. 529-563.

CONNELL, J. H.; LOWMAN, M. D. Low-diversity tropical rain forests: some possible mechanisms for their existence. **American Naturalist**, Chicago, v. 134, n. 1, p. 88-119, ago./dez. 1989.

DA SILVA, D. K. A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi: new records in Northeast of Brazil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, [S.l.], v. 1, n. 36, p. 35-50, ago. 2014.

DEEPIKA, S.; KOTHAMASI, D. Soil moisture a regulator of arbuscular mycorrhizal fungal community assembly and symbiotic phosphorus uptake. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 25, n. 1, p. 67-75, may. 2015.

DE OLIVEIRA, A. N.; DE OLIVEIRA, L. A. Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in plants of *Theobroma grandiflorum* Schum and *Paullinia cupana* Mart. of an agroforestry system in Central Amazonia, Amazonas state, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, [S.l.], v. 36, n. 3, p. 262-270, jan. 2005.

DE OLIVEIRA FREITAS, R. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal communities along a pedo-hydrological gradient in a Central Amazonian terra firme forest. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 24, n. 1, p. 21-32, jan. 2013.

DAVISON, J. et al. Global assessment of arbuscular mycorrhizal fungus diversity reveals very low endemism. **Science**, [S.l.], v. 349, n. 6251, p. 970-973, may. 2015.

DOS SANTOS, H. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**: Brasília: Embrapa, 2018. 355 p.

DRAY, S.; LEGENDRE, P.; BLANCHET, G. Packfor: forward selection with permutation. R package version 0.0-7/r58, 2016: disponível em: <<https://R-Forge.Rproject.org/projects/sedar/>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

EDEN, M. J. et al. The Ilha de Maracá and the Roraima região. In: RATTER, J.; MILLIKEN, W. (Eds.). **Maracá: The Biodiversity and Environment of an Amazonian Rainforest**. London: John Wiley and Sons Ltd, 1998. p. 1-12.

FITZSIMONS, M. S.; MILLER, R. M.; JASTROW, J. D. Scaledependent niche axes of arbuscular mycorrhizal fungi. **Oecologia**, [S.l.], v. 158, n. 1, p. 117-127, mar. 2008.

FRAGOSO, J. M. V.; SILVIUS, K. M.; CORREA, J. A. Long-distance seed dispersal by tapirs increases seed survival and aggregates tropical trees. **Ecology**, [S.l.], v. 84, n. 8, p. 1998-2006, jul./ago. 2003.

FURLEY, P.; RATTER, J. A. Pedological and botanical variations across the forest-savanna transition on Maracá Island. **The Geographical Journal**, London, v. 156, n. 3, p. 251-266, nov. 1990.

FÜRNKRANZ, M. et al. Nitrogen fixation by phyllosphere bacteria associated with higher plants and their colonizing epiphytes of a tropical lowland rainforest of Costa Rica. **The ISME Journal**, London, v. 2, n. 5, p. 561-570, jan./dez. 2008.

GARCÉS-RUIZ, M. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal community composition in *Carludovica palmata*, *Costus scaber* and *Euterpe precatoria* from weathered oil ponds in the Ecuadorian Amazon. **Frontiers in Microbiology**, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 1-13, nov. 2017.

GATES, G. M. et al. The ecology and diversity of wood-inhabiting macrofungi in a native *Eucalyptus obliqua* forest of southern Tasmania, Australia. **Fungal Ecology**, v. 4, p. 56-67, 2011.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological society**, London, v. 46, n. 2, p. 234-244, jan./dez. 1963.

GHAZOUL, J.; SHEIL, D. **Tropical rain forest ecology, diversity, and conservation**. 1. ed. New York: Oxford University Press, 2010. 496 p.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. **New Phytologist**, Lancaster, v. 84, n. 3, p. 489-500, mar./ago. 1980.

GUADARRAMA, P. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in changing environments: The effects of seasonality and anthropogenic distur-

bance in a seasonal dry forest. **Pedobiologia**, [S.l.], v. 57, n. 2, p. 87-95, jan. 2014.

HART, T. B.; HART, J. A.; MURPHY, P. G. Monodominant and species-rich forests in the humid tropics: causes for their co-occurrence. **American Naturalist**, Chicago, v. 133, n. 5, p. 613-633, ago./dez. 1989.

HAZARD, C. et al. The role of local environment and geographical distance in determining community composition of arbuscular mycorrhizal fungi at the landscape scale. **The ISME journal**, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 498-508, jul. 2013.

HE, L.; LI, C.; LIU, R. Indirect interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and *Spodoptera exigua* alter photosynthesis and plant endogenous hormones. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 27, n. 6, p. 525-535, ago. 2017.

HEMMING, J. **The rainforest edge: plant and soil ecology of Maraca Island, Brazil**. Manchester: Manchester University Press, 1994. 186 p.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, R. M. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal assemblages in biological crusts from a Neotropical savanna are not related to the dominant perennial *Trachypogon*. **Science of The Total Environment**, [S.l.], v. 575, [s.n.], p. 1203-1210, jan. 2017.

HILL, M.; GAUCH, H. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. In: **Classification and ordination**. Springer: Dordrecht, 1980, p. 47-58

HOLSTE, E; KOBE, R. Tree species and soil nutrients drive tropical reforestation more than associations with mycorrhizal fungi. **Plant Soil**, [S.l.], v. 410, n. 1-2, p. 283-297, jan. 2017.

HOLTZ, E. W. F. et al. Glomalins and Their Relationship with Soil Carbon. **International Journal of Applied Science and Technology**, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 69-73, jun. 2016.

INVAM. **International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Ar-**

buscular Mycorrhizal Fungi. Disponível em: <<http://invam.wvu.edu/>>. Acesso em: 21 jul. 2020.

KARDOL, P.; WARDLE, D. A. How understanding aboveground-belowground linkages can assist restoration ecology. **Trends and Ecology & Evolution**, Cambridge, v. 25, n. 11, p. 670-679, set. 2010.

KIERS, E. et al. Differential effects of tropical arbuscular mycorrhizal fungal inocula on root colonization and tree seedling growth: implications for tropical forest diversity. **Ecology Letters**, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 106-113, jan./dez. 2000.

KIVLIN, S. N.; HAWKES, C. V.; TRESEDER, K. K. Global diversity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biol Biochem**, [S.l.], v. 43, [s.n.], p. 2294-2303, jan. 2011.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, [S.l.], v. 92, n. 4, p. 486-505, dez. 1989.

KOSKE, R. E. et al. Arbuscular mycorrhizal in coastal dunes. In: MARTÍNEZ, M. L.; PSUTY, N. P. (Eds.). **Coastal Dunes**, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. p. 173-187.

LEAL, P. L.; STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Occurrence and Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in trap cultures from soils under different land use systems in the Amazon, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 40, [s.n.], p. 111-121, out. 2009.

LEAL, P.; SIQUEIRA, J.; STÜRMER, S. Switch of tropical Amazon forest to pasture affects taxonomic composition but not species abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungal community. **Applied soil ecology**, [S.l.], v. 71, [s.n.], p. 72-80, set. 2013.

LEE, E. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi and their roles in ecosystems. **Mycobiology**, Seoul, v. 41, n. 3, p. 121-125, set. 2013.

LIMA, H. C.; DE CORDULA, E. *Peltogyne* in Lista de Especies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro**, 20 mar. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB78750>>. Acesso em: 2 mar. 2020.

LOUIS, I.; LIM, G. Spore density and root colonization of vesicular-arbuscular mycorrhizas in tropical soil. **Transactions of the British Mycological Society**, [S.l.], v. 88, n. 2, p. 207-212, mar. 1987.

LOVELOCK, C. E.; ANDERSON, K.; MORTON, J. B. Arbuscular mycorrhizal communities in tropical forests are affected by host tree species and environment. **Oecologia**, [S.l.], v. 135, n. 2, p. 268-279, dez. 2003.

LOVERA, M.; CUENCA, G. Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y potencial micorrízico del suelo de una sabana natural y una sabana perturbada de la gran sabana, Venezuela. **Interciencia**, [S.l.], v. 32, n. 2, p. 108-114, may. 2007.

MAITRA, P. et al. Effect of drought and season on arbuscular mycorrhizal fungi in a subtropical secondary forest. **Fungal Ecology**, [S.l.], v. 41, [s.n.], p. 107-115, dez. 2019.

MARTÍNEZ, L. B.; PUGNAIRE, F. I. Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. **Ecosistemas**, Madrid, v. 18, n. 2, p. 44-54, maio. 2009.

MCGUIRE, K. L. et al. Dual mycorrhizal colonization of forest-dominating tropical trees and the mycorrhizal status of non-dominant tree and liana species. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 18, n. 4, p. 217-222, abr. 2008.

MEDDAD-HAMZA, A. et al. Spatiotemporal variation of arbuscular mycorrhizal fungal colonization in olive (*Olea europaea* L.) roots across a broad mesic-xeric climatic gradient in North Africa. **Science of The Total Environment**, [S.l.], v. 583, [s.n.], p. 176-189, jan. 2017.

MILLIKEN, W.; RATTER, J. **The vegetation of the Ilha de Maracá: first report of the vegetation survey of the Maracá**. 1. ed. Edimburgo: Royal Botanic Garden, 1989. 277 p.

MIRANDA, T. M.; HANAZAKI, N. Conhecimento e uso de recursos vegetais de restinga por comunidades das ilhas do Cardoso (SP) e de Santa Catarina (SC), Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 22, n. 1, p. 203-215, jan./dez. 2008.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA. 2006. 729 p.

MORTON, J. B. et al. Mutualistic Arbuscular Endomycorrhizal Fungi. In: MUELLER, G. M.; BILLS, G. F.; FOSTER, M. S. (Orgs.). **Biodiversity of Fungi - Inventory and Monitoring Methods**. Oxford: Elsevier Academic Press, 2004. p. 317-336.

MUCHANE MN, et al. Effect of land use system on arbuscular mycorrhiza fungi in Maasai Mara ecosystem, Kenya. **African Journal Microbiology**, [S.l.], v. 6, n. 17, p. 3904-3916, may. 2012.

NASCIMENTO, M. T. **A monodominant rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil: forest structure and dynamics**. 1994. 274 p. Tese (Doctor of Philosophy) - Department of Biological and Molecular Sciences, University of Stirling, Stirling, 1994.

_____. Estrutura e diversidade das florestas de terra firme na Ilha de Maracá. In: BARBOSA R. I.; FERREIRA E. J. G.; CASTELLON E. G. (Org.). **Homem, Ambiente e Ecologia do Estado de Roraima**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 1997. p. 417-443.

NASCIMENTO, M. T. et al. Above-ground live biomass changes over an 11-year period in Amazon monodominant forest and two other lowland forests. **Plant Ecology**, [S.l.], v. 192, n. 2, p. 181-191, jun. 2007.

_____. Is the *Peltogyne gracilipes* monodominant forest characterised by distinct soils?. **Acta Oecologica**, [S.l.], v. 85, [s.n.], p. 104-107, may. 2017.

NASCIMENTO, M. T.; PROCTOR, J. Leaf herbivory on three tree species in monodominant and two other terra firme forests on Maracá island, Brazil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 31, n. 1, p. 27-38, mar. 2001.

NASCIMENTO, M. T.; PROCTOR, J. Seed attacks by beetles and leaf-cutter ants on *Peltogyne gracilipes* Ducke (Caesalpinaceae) on Maracá Island, Brazilian Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 12, n. 5, p. 723-727, sep. 1996.

NASCIMENTO, M. T.; VILLELA, D. M. As florestas de Roraima e o paradigma da monodominância de *Peltogyne*. In: BARBOSA, R. I.; MELO, V. F. (Org.). **Roraima: Homem, Ambiente e Ecologia**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 2010. p. 283-289.

NIMER, E. Climatologia da Região Norte. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 3, p. 124-153, jan./dez. 1972.

OEHL, F. et al. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. **IMA FUNGOS**, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 191-199, dez. 2011.

OKSANEN, J. et al. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.3-0, 2015. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=vegan>>. Acesso em: 4 nov. 2019.

PEÑA-VENEGAS, C. P. et al. Micorrizas arbusculares del sur de la Amazonia colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 327-336, jan./dez. 2007.

PEREIRA, C. M. R. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Atlantic forest areas under different land uses. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [S.l.], v. 185, [s.n.], p. 245-252, mar. 2014.

PEREIRA, S. et al. Intense mycorrhizal root colonization in a human-modified landscape of the Caatinga dry forest. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 462, [s.n.], p. 117970, feb. 2020.

PEZZINI, et al. The Brazilian Program for Biodiversity Research (PPBio) Information System. **Biodiversity & Ecology**, Hamburg, v. 4, [s.n.], p. 265-273, jan./dez. 2012.

PONTES, J. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazil's Caatinga and experimental agroecosystems. **Biotropica**, [S.l.], v. 49, n. 3, p. 413-427, jan./dez. 2017.

PURIN, S.; KLAUBERG FILHO, O. Glomalina: nova abordagem para entendermos a biologia dos fungos micorrízicos arbusculares. In: SIQUEIRA, J. O.; DE SOUZA, F. A.; ELKE, J. B. N.; TSAI, S. (Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p. 503–524.

QUESADA, C. A. et al. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. **Biogeosciences**, [S.l.], v. 7, n. 5, p. 1515-1541, maio. 2010.

R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. Versão 3.4, 2015. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

RAAB, P. A.; BRENNWALD, A.; REDECKER, D. Mitochondrial large ribosomal subunit sequences are homogeneous within isolates of *Glomus* (arbuscular mycorrhizal fungi, Glomeromycota). **Mycological Research**, [S.l.], v. 109, n. 12, p. 1315-1322, dez. 2005.

RAMOS, J. A. et al. Arbuscular mycorrhizal propagules in soils from a tropical Forest and an abandoned cornfield in Quintana Roo, Mexico: visual comparison of most-probable-number estimates. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 21, n. 2, p. 139-144, mar./abr. 2011.

REDECKER, D. et al. An evidencebased consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). **Mycorrhiza**, Berlin, v. 23, n. 7, p. 515-531, mar./abr. 2013.

ROBISON, D. M.; NORTCLIFF, S. Os solos da reserva de Maracá, Roraima: segunda aproximação. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 21, [s.n.], p. 409-424, jan./dez. 1991.

RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA, S. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi communities from tropical Africa reveal strong ecological structure. **New Phytologist**, Lancaster, v. 213, n. 1, p. 380-390, mar./ago. 2017.

ROESCH, L. F. W. et al. Pyrosequencing enumerates and contrasts soil microbial diversity. **The ISME journal**, [S.l.], v. 1, n. 4, p. 283-290, mar. 2007.

RUIZ-LOZANO, J. M. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress. New perspectives for molecular studies. **Mycorrhiza**, Berlín, v. 13, n. 6, p. 309-317, may. 2003.

SCHÜßLER, A.; WALKER, C. The Glomeromycota. A species list with new families and new genera. **The Royal Botanic Garden Kew, Botanische Staatssammlung Munich, and Oregon State University**, Gloucester, 1 dez. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/285775809_The_Glomeromycota>. Acesso em: 2 ago. 2017.

SILVA, G.; SIQUEIRA, J.; STÜRMER, S. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos sob diferentes sistemas de uso na região do Alto Solimões na Amazônia. **Acta amazonica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 477-488, jan./dez. 2009.

SINGH, S. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with the rhizosphere of tea growing in 'natural' and 'cultivated' ecosites. **Biology and Fertility of Soils**, [S.l.], v. 44, n. 3, p. 491-500, fev. 2008.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal Symbiosis**. 3. ed. London: Academic Press. 2008. 769 p.

STÜRMER, S. L.; BELLEI, M. M. Composition and seasonal variation of spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the island of Santa Catarina, Brazil. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 72, n. 3, p. 359-363, jan./dez. 1994.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in western Brazilian Amazon. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 21, n. 4, p. 255-267, mar./abr. 2011.

STÜRMER S. L. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) communities in tropical savannas of Roraima, Brazil. **Mycological progress**, [S.l.], v. 17, n. 10, p. 1149-1159, jul. 2018.

STUTZ, J. C. MORTON, J. B. Successive pot cultures reveal high species richness of arbuscular endomycorrhizal fungi in arid ecosystems. **Canadian Journal of Botany**, [S.l.], v. 74, n. 12, p. 1883-1996, jul. 1996.

TCHABI, A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi communities in sub-Saharan savannas of Benin, West Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 18, n. 4, p.181-195, mar. 2008.

TEIXEIRA P, et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa Solos, 2017.

TER STEEGE, H. et al. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. **Science**, Washington, v. 342, n. 6156, p. 1243092, out. 2013.

THOMPSON, J. et al. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maraca Island, Roraima, Brazil. I. Physical environment, forest structure and leaf chemistry. **Journal of Ecology**, London, v. 80, n. 4, p. 689-703, dez. 1992.

TORTI, S. D.; COLEY, P. D. Tropical monodominance: a preliminar test of the ectomycorrhizal hypothesis. **Biotropica** 31: 220–228. 1999.

TORTI, S. D.; COLEY, P. D.; KURSAR, T. A. Causes and consequences of monodominance in tropical lowland forests. **American Naturalist**, Chicago, v. 157, n. 2, p. 141-153, ago./dez. 2001.

VAN AARLE, I. M.; OLSSON, P. A.; SÖDERSTRÖM, B. Arbuscular mycorrhizal fungi respond to the substrate pH of their extraradical mycelium by altered growth and root colonisation. **New Phytologist**, [S.l.], v. 155, n. 1, p. 173-182, jul. 2002.

VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; BARDGETT, R. D.; VAN STRAALEN, N. M. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. **Ecology letters**, [S.l.], v. 11, n. 3, p. 296-310, jan./dez. 2008.

VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; HORTON, T. R. Socialism in soil? The importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems. **Journal of Ecology**, London, v. 97, n. 6, p. 1139-1150, dez. 2009.

VAN DER HEIJDEN, M. et al. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. **New phytologist**, [S.l.], v. 205, n. 4, p. 1406-1423, dez. 2015.

VAN DER HEYDE, M. et al. Arbuscular mycorrhizal fungus responses to disturbance are context-dependent. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 17, n. 5, p. 1-10, jul. 2017.

VENDRAME, P. R. S. et al. Formas de ferro e alumínio e suas relações com textura, mineralogia e carbono orgânico em Latossolos do Cerrado. **Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Londrina, v. 32, n. 1, 1657-1666, jul. 2011.

VESTBERG, M. Occurrence of some Glomales in Finland. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 5, n. 5, p. 329-336, mar. 1995.

VILELA, L. A. F. et al. Arbuscular mycorrhizal fungus in microbial activity and aggregation of a Cerrado Oxisol in crop sequence. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 1, p. 34-42, Jan./Fev. 2014.

VILLELA, D. M.; PROCTOR, J. Litterfall mass, chemistry and nutrient retranslocation in a monodominant forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. **Biotropica**, [S.l.], v. 31, n. 2, p. 198-211, jan./dez. 1999.

WAGG, C. et al. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [S.l.], v. 111, n. 14, p. 5266-5270, abr. 2014.

WANG, G. M. Effect of pH on arbuscular mycorrhiza, I. Field observation on the long term liming experiment at Rothamsted and Woburn. **New Phytologist**, [S.l.], v. 124, n. 3, p. 465-472, jul. 1993.

WHITMORE, T.C. **An introduction to tropical rain forests**. New York: Clarendon Press-Oxford. 2005. 269 p.

ZANGARO, W. et al. Root colonization and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi in distinct successional stages from an Atlantic rainforest biome in southern Brazil. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 23, n. 3, p. 221-233, ago. 2013.

ZHANG, J., et al. Precipitation shapes communities of arbuscular mycorrhizal fungi in Tibetan alpine steppe. **Scientific reports**, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 1-10, mar. 2016.

APÉNDICE A - Parámetros físicos del suelo analizados por estación y tipo de bosque

TRATAMIENTO	ÉPOCA	REPETIÇÕES	Parámetros físicos		
			Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)
FSP	SECO	R1	275	35	690
FSP	SECO	R2	132	38	830
FSP	SECO	R3	140	60	800
FSP	SECO	R4	122	28	850
FSP	SECO	R5	111	49	840
FSP	SECO	R1	46	4	950
FSP	SECO	R2	63	37	900
FSP	SECO	R3	107	83	810
FSP	SECO	R4	141	99	760
FSP	SECO	R5	123	107	770
FSP	SECO	R1	79	11	910
FSP	SECO	R2	51	9	940
FSP	SECO	R3	79	21	900
FSP	SECO	R4	69	41	890
FSP	SECO	R5	64	56	880
FPP	SECO	R1	157	103	740
FPP	SECO	R2	78	52	870
FPP	SECO	R3	132	58	810
FPP	SECO	R4	133	67	800
FPP	SECO	R5	53	7	940
FPP	SECO	R1	73	77	850
FPP	SECO	R2	189	251	560
FPP	SECO	R3	100	80	820
FPP	SECO	R4	167	113	720
FPP	SECO	R5	144	136	720
FPP	SECO	R1	118	82	800
FPP	SECO	R2	177	223	600
FPP	SECO	R3	88	52	860
FPP	SECO	R4	90	80	830
FPP	SECO	R5	98	52	850
FRP	SECO	R1	91	69	840
FRP	SECO	R2	83	47	870
FRP	SECO	R3	137	103	760
FRP	SECO	R4	115	55	830
FRP	SECO	R5	157	93	750
FRP	SECO	R1	125	65	810
FRP	SECO	R2	138	52	810
FRP	SECO	R3	126	54	820
FRP	SECO	R4	123	157	720
FRP	SECO	R5	139	51	810
FRP	SECO	R1	122	88	790
FRP	SECO	R2	108	82	810
FRP	SECO	R3	99	51	850
FRP	SECO	R4	107	63	830
FRP	SECO	R5	146	94	760
FSP	CHUV	R1	275	35	12
FSP	CHUV	R2	132	38	11
FSP	CHUV	R3	140	60	11
FSP	CHUV	R4	122	28	9
FSP	CHUV	R5	111	49	9

Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares
 en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima

FSP	CHUV	R1	46	4	9
FSP	CHUV	R2	63	37	10
FSP	CHUV	R3	107	83	11
FSP	CHUV	R4	141	99	18
FSP	CHUV	R5	123	107	16
FSP	CHUV	R1	79	11	9
FSP	CHUV	R2	51	9	9
FSP	CHUV	R3	79	21	9
FSP	CHUV	R4	69	41	10
FSP	CHUV	R5	64	56	9
FPP	CHUV	R1	157	103	15
FPP	CHUV	R2	78	52	9
FPP	CHUV	R3	132	58	25
FPP	CHUV	R4	133	67	22
FPP	CHUV	R5	53	7	10
FPP	CHUV	R1	73	77	11
FPP	CHUV	R2	189	251	20
FPP	CHUV	R3	100	80	21
FPP	CHUV	R4	167	113	28
FPP	CHUV	R5	144	136	21
FPP	CHUV	R1	118	82	29
FPP	CHUV	R2	177	223	24
FPP	CHUV	R3	88	52	17
FPP	CHUV	R4	90	80	21
FPP	CHUV	R5	98	52	23
FRP	CHUV	R1	91	69	12
FRP	CHUV	R2	83	47	20
FRP	CHUV	R3	137	103	18
FRP	CHUV	R4	115	55	16
FRP	CHUV	R5	157	93	37
FRP	CHUV	R1	125	65	19
FRP	CHUV	R2	138	52	32
FRP	CHUV	R3	126	54	18
FRP	CHUV	R4	123	157	23
FRP	CHUV	R5	139	51	19
FRP	CHUV	R1	122	88	32
FRP	CHUV	R2	108	82	28
FRP	CHUV	R3	99	51	19
FRP	CHUV	R4	107	63	19
FRP	CHUV	R5	146	94	26

APÉNDICE B - Parámetros químicos del suelo analizados por estación y tipo de bosque

TRAT.	EPOCA	REP	Parámetros químicos													
			pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
FSP	SECO	R1	4,7	7	2	39	2	2	31	4	11	0,7	18	0,35	9,5	0,12
FSP	SECO	R2	4,6	14	4	51	2	2	28	3	11	0,5	60	0,35	11,2	0,20
FSP	SECO	R3	4,6	16	7	62	3	2	28	2	11	0,6	48	0,35	10,3	0,37
FSP	SECO	R4	4,5	16	4	62	2	2	34	4	11	0,5	50	0,55	4,9	0,23
FSP	SECO	R5	4,4	14	4	62	2	2	34	4	11	0,5	40	0,45	5,3	0,16
FSP	SECO	R1	4,9	9	3	31	2	1	15	2	6	0,2	10	0,60	2,1	0,13
FSP	SECO	R2	5,1	11	4	39	2	2	18	2	3	0,3	13	0,45	2,9	0,14
FSP	SECO	R3	4,9	21	14	78	2	2	34	2	2	0,5	42	0,55	3,0	0,22
FSP	SECO	R4	4,6	37	3	78	2	2	38	4	7	0,6	86	0,60	2,0	0,23
FSP	SECO	R5	4,9	18	3	78	2	2	34	2	8	0,3	90	0,55	2,5	0,12
FSP	SECO	R1	4,9	11	4	59	2	1	25	3	7	0,5	36	0,35	3,1	0,12
FSP	SECO	R2	5,0	9	10	47	2	1	15	2	2	0,3	16	0,60	4,5	0,10
FSP	SECO	R3	5,1	11	2	51	2	2	22	2	2	0,3	18	0,25	5,1	0,25
FSP	SECO	R4	5,4	18	3	51	5	2	18	1	6	0,3	19	0,40	17,9	0,12
FSP	SECO	R5	5,1	14	3	59	2	2	20	2	4	0,3	19	0,55	7,5	0,16
FPP	SECO	R1	4,5	21	3	59	2	3	34	5	8	0,6	130	0,65	7,8	0,17
FPP	SECO	R2	5,1	11	2	39	2	2	18	2	2	0,4	34	0,40	4,5	0,14
FPP	SECO	R3	4,6	23	4	144	4	4	34	4	8	0,7	162	1,25	9,2	0,35
FPP	SECO	R4	4,6	27	4	82	2	2	38	5	8	0,7	92	0,70	6,1	0,23
FPP	SECO	R5	5,0	11	10	39	2	2	20	2	2	0,4	36	0,95	6,2	0,18
FPP	SECO	R1	5,1	18	8	59	4	3	25	2	2	0,2	40	0,60	4,2	0,17
FPP	SECO	R2	5,1	21	7	59	3	2	34	3	3	0,2	156	0,55	7,1	0,16
FPP	SECO	R3	5,1	21	5	62	2	3	28	3	7	0,3	98	0,45	5,5	0,12
FPP	SECO	R4	5,1	27	4	90	2	5	34	2	11	0,8	134	0,75	17,6	0,31
FPP	SECO	R5	5,1	21	3	62	1	3	28	2	7	0,6	186	1,25	6,5	0,12
FPP	SECO	R1	5,1	27	4	70	6	7	34	2	8	0,6	114	1,05	20,7	0,28
FPP	SECO	R2	5,1	21	4	70	4	5	31	2	3	0,5	112	1,00	17,6	0,12
FPP	SECO	R3	5,1	23	5	59	4	4	28	2	6	0,6	158	0,65	10,1	0,19
FPP	SECO	R4	5,0	41	4	62	3	5	34	3	6	0,5	126	0,90	6,4	0,36
FPP	SECO	R5	5,1	32	3	78	4	7	34	2	7	0,4	128	0,50	5,3	0,21
FRP	SECO	R1	4,9	21	6	51	3	3	34	3	5	0,3	134	0,50	3,8	0,28
FRP	SECO	R2	5,2	53	7	211	7	5	28	1	4	0,3	114	1,20	10,9	0,26
FRP	SECO	R3	5,0	23	5	59	4	3	34	2	6	0,3	130	1,00	7,2	0,27
FRP	SECO	R4	5,0	25	4	59	3	3	31	2	6	0,3	60	2,90	14,9	0,38
FRP	SECO	R5	5,0	46	5	109	3	7	47	3	6	0,5	196	2,85	7,8	0,26
FRP	SECO	R1	4,9	23	6	90	7	6	31	2	8	0,6	40	1,25	51,0	0,25
FRP	SECO	R2	5,0	32	11	148	9	7	34	2	7	0,5	78	0,75	36,0	0,31
FRP	SECO	R3	4,7	27	5	59	5	4	34	3	2	0,3	56	0,55	39,0	0,23
FRP	SECO	R4	4,8	25	5	82	5	9	38	4	12	0,7	40	0,55	74,0	0,30
FRP	SECO	R5	4,9	18	6	70	3	4	31	2	6	0,8	25	0,60	58,0	0,34
FRP	SECO	R1	5,0	34	7	70	5	8	34	3	3	0,5	152	0,85	20,4	0,33
FRP	SECO	R2	5,2	32	7	78	4	6	34	2	3	0,4	62	0,60	32,0	0,28
FRP	SECO	R3	5,1	25	7	70	3	6	34	2	2	0,3	102	1,70	17,9	0,30
FRP	SECO	R4	4,9	34	6	59	3	7	34	3	6	0,3	148	0,40	7,0	0,15
FRP	SECO	R5	4,8	39	6	47	2	3	72	8	2	0,4	106	0,65	3,2	0,25
FSP	CHUV	R1	4,7	7	4	23,4	2	1	34	5	7	0,9	30	0,60	8,3	0,12
FSP	CHUV	R2	4,3	7	6	31,2	4	2	25	2	5	0,5	46	0,55	12,0	0,30
FSP	CHUV	R3	4,2	7	7	23,4	3	3	25	3	4	0,6	52	0,50	13,3	0,29
FSP	CHUV	R4	4,1	5	7	23,4	3	2	25	2	4	0,4	44	0,50	5,6	0,26
FSP	CHUV	R5	4,4	5	7	23,4	3	2	20	2	7	0,4	21	0,45	6,1	0,27

Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares
 en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima

FSP	CHUV	R1	4,4	5	5	23,4	2	1	16	2	5	0,3	11	0,45	2,7	0,26
FSP	CHUV	R2	4,5	5	4	31,2	2	1	18	2	3	0,3	10	0,45	2,7	0,35
FSP	CHUV	R3	4,3	7	3	46,8	3	1	28	3	6	0,4	38	0,45	2,9	0,23
FSP	CHUV	R4	4,0	14	6	46,8	3	2	42	5	6	0,6	86	0,60	2,8	0,25
FSP	CHUV	R5	4,5	11	7	46,8	3	2	34	3	6	0,5	96	0,50	5,6	0,32
FSP	CHUV	R1	4,3	5	5	31,2	3	1	20	1	5	0,5	48	0,35	6,6	0,42
FSP	CHUV	R2	4,4	5	5	23,4	3	1	15	2	4	0,2	15	0,45	5,3	0,33
FSP	CHUV	R3	4,4	5	5	31,2	3	1	18	1	3	0,3	18	0,45	5,8	0,31
FSP	CHUV	R4	4,9	5	5	31,2	7	3	18	0	5	0,2	15	0,45	15,3	0,32
FSP	CHUV	R5	4,2	5	4	23,4	3	1	20	2	6	0,3	17	0,40	5,2	0,43
FPP	CHUV	R1	4,2	11	7	31,2	3	2	38	4	6	0,7	152	0,60	5,3	0,39
FPP	CHUV	R2	4,4	5	5	23,4	3	2	18	2	6	0,4	43	0,25	3,9	0,36
FPP	CHUV	R3	4,2	21	6	46,8	4	3	47	3	4	0,5	162	0,85	10,7	0,42
FPP	CHUV	R4	4,3	18	6	58,5	4	3	38	3	6	0,6	58	0,50	7,4	0,41
FPP	CHUV	R5	5,3	5	6	39,0	3	2	18	1	4	0,3	32	0,70	7,2	0,48
FPP	CHUV	R1	5,5	5	6	23,4	5	2	16	1	5	0,2	40	0,45	3,1	0,46
FPP	CHUV	R2	5,5	14	6	39,0	4	2	28	2	5	0,6	382	0,70	9,4	0,29
FPP	CHUV	R3	5,4	16	7	46,8	4	3	28	2	6	0,5	274	0,75	14,2	0,39
FPP	CHUV	R4	5,4	23	7	58,5	4	6	34	2	6	1,4	472	0,90	46,0	0,54
FPP	CHUV	R5	5,0	16	5	50,7	4	4	31	2	6	0,9	440	1,00	15,9	0,32
FPP	CHUV	R1	5,9	23	8	50,7	13	7	28	0	3	1,0	424	1,45	57,0	0,54
FPP	CHUV	R2	5,5	18	5	78,0	7	5	28	0	6	0,4	230	1,00	27,4	0,43
FPP	CHUV	R3	5,8	11	8	39,0	7	4	25	0	4	0,7	268	0,60	14,0	0,34
FPP	CHUV	R4	5,4	16	6	58,5	3	3	34	2	6	0,8	324	0,65	7,0	0,46
FPP	CHUV	R5	5,3	18	6	62,4	5	7	34	2	4	0,5	282	0,40	6,9	0,47
FRP	CHUV	R1	4,8	7	6	39,0	5	3	28	2	5	0,4	130	0,45	4,8	0,34
FRP	CHUV	R2	5,7	14	8	39,0	11	4	25	0	6	0,4	172	0,90	15,3	0,57
FRP	CHUV	R3	4,4	14	5	39,0	4	3	42	4	8	0,4	212	1,15	9,5	0,30
FRP	CHUV	R4	4,8	11	5	58,5	4	3	34	2	6	0,5	84	3,15	22,2	0,30
FRP	CHUV	R5	5,0	32	5	78,0	7	7	52	3	7	0,7	242	2,50	14,2	0,57
FRP	CHUV	R1	4,9	14	5	50,7	10	6	34	1	7	0,5	32	1,05	53,0	0,40
FRP	CHUV	R2	4,7	27	8	70,2	11	6	47	1	7	0,4	54	0,75	48,0	0,44
FRP	CHUV	R3	4,3	14	7	46,8	5	4	34	2	6	0,4	40	0,55	88,0	0,38
FRP	CHUV	R4	5,0	18	10	70,2	5	8	42	3	6	0,7	90	0,70	61,0	0,47
FRP	CHUV	R5	4,8	14	7	50,7	6	4	38	2	7	0,8	35	0,90	74,0	0,36
FRP	CHUV	R1	5,4	27	10	50,7	6	7	42	2	6	0,6	368	0,95	55,0	0,42
FRP	CHUV	R2	4,9	23	8	58,5	8	7	47	2	8	0,4	58	1,05	37,0	0,55
FRP	CHUV	R3	5,4	14	8	50,7	5	8	38	1	6	0,3	242	1,65	30,2	0,47
FRP	CHUV	R4	5,3	14	8	50,7	5	8	42	2	6	0,4	284	0,75	16,3	0,58
FRP	CHUV	R5	4,5	21	7	46,8	4	4	98	6	7	0,4	190	0,70	6,2	0,53

APÉNDICE C - Número de individuos por especie distribuidos por estación y tipo de bosque

TRAT.	EPOCA	REP	Especies de HMA																	
			G1	G2	G3	G4	G5	Am	As	Ac	Ap	A1	A2	Gm	Gg1	Db	Dh	Ar	Sc1	Sc2
FSP	SECO	R1	8	3	0	0	6	0	0	0	1	2	3	17	0	34	0	11	16	4
FSP	SECO	R2	2	6	0	0	11	1	0	0	1	1	0	21	0	21	0	4	15	7
FSP	SECO	R3	12	7	0	0	4	0	0	0	1	4	0	20	0	5	0	1	12	1
FSP	SECO	R4	7	6	0	0	0	0	0	0	0	4	0	19	0	1	0	1	6	22
FSP	SECO	R5	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	1	0	0	3	2
FSP	SECO	R1	1	14	0	0	8	0	0	0	2	2	1	14	0	15	0	2	10	8
FSP	SECO	R2	13	4	0	0	3	0	0	0	5	2	2	9	0	18	0	0	10	4
FSP	SECO	R3	9	2	0	0	17	0	0	0	0	3	1	18	0	8	0	2	6	4
FSP	SECO	R4	7	9	0	0	4	0	0	0	0	1	1	20	0	7	0	0	12	0
FSP	SECO	R5	11	9	0	0	13	0	0	0	0	1	1	13	0	5	0	0	9	8
FSP	SECO	R1	10	2	0	0	20	0	0	0	1	5	0	6	0	11	0	3	15	22
FSP	SECO	R2	1	4	0	0	22	0	0	0	0	0	3	9	0	13	0	5	19	13
FSP	SECO	R3	1	9	0	0	15	0	0	0	1	1	0	38	0	20	0	1	20	9
FSP	SECO	R4	8	2	0	0	12	0	0	0	1	0	1	21	0	14	0	0	3	1
FSP	SECO	R5	13	1	0	0	2	0	0	0	1	1	0	8	0	3	0	0	4	8
FPP	SECO	R1	3	7	0	0	22	9	0	0	0	1	0	11	0	16	2	0	0	5
FPP	SECO	R2	14	4	0	0	6	1	0	0	0	1	0	11	0	4	8	0	7	15
FPP	SECO	R3	16	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10	0	5	10	1	4	13
FPP	SECO	R4	4	5	0	0	1	0	0	0	0	3	0	22	0	10	2	0	3	5
FPP	SECO	R5	6	2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	7	0	14	0	1	5	8
FPP	SECO	R1	9	5	0	0	3	7	0	0	0	16	0	18	0	15	15	7	4	2
FPP	SECO	R2	7	12	1	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1	9	1	8	0
FPP	SECO	R3	7	6	0	0	2	0	0	5	0	0	0	0	0	14	1	1	2	6
FPP	SECO	R4	10	7	1	0	4	1	0	4	0	2	0	21	0	10	2	0	1	12
FPP	SECO	R5	6	9	0	0	18	2	0	0	0	0	0	10	0	0	4	1	1	9
FPP	SECO	R1	5	8	0	3	9	13	9	0	0	0	1	8	0	10	7	0	0	8
FPP	SECO	R2	3	6	0	0	15	2	4	0	0	0	1	20	0	4	7	0	1	6
FPP	SECO	R3	7	12	0	0	8	3	0	0	0	0	1	15	0	16	0	0	0	3
FPP	SECO	R4	5	4	0	1	3	3	0	0	0	0	1	0	0	22	3	0	0	11
FPP	SECO	R5	5	5	0	2	11	1	0	0	0	6	1	0	0	5	0	0	0	12
FRP	SECO	R1	25	6	15	5	0	9	22	7	9	3	6	14	3	33	20	0	1	7
FRP	SECO	R2	16	3	21	9	0	4	36	5	0	0	3	7	5	19	1	0	1	2
FRP	SECO	R3	27	5	23	10	39	4	4	5	0	1	7	2	12	20	1	0	0	3
FRP	SECO	R4	17	8	21	13	16	10	8	0	5	0	2	2	1	4	4	0	0	1
FRP	SECO	R5	14	1	18	2	22	8	4	0	5	0	0	10	1	7	0	0	0	14
FRP	SECO	R1	16	21	19	23	15	21	8	0	7	6	14	8	8	0	9	0	0	19
FRP	SECO	R2	22	8	36	15	14	20	12	0	4	1	0	9	1	0	4	0	0	22
FRP	SECO	R3	12	6	15	34	2	0	24	0	16	0	6	1	5	19	5	0	0	8
FRP	SECO	R4	8	4	9	24	0	4	9	0	2	0	10	10	4	14	0	0	0	7
FRP	SECO	R5	25	5	25	18	0	6	16	0	3	4	0	0	1	16	0	0	0	21
FRP	SECO	R1	17	1	33	17	24	8	40	0	6	8	4	19	7	8	10	0	0	9
FRP	SECO	R2	23	3	37	21	5	8	13	0	2	0	4	0	8	14	2	0	0	27
FRP	SECO	R3	31	14	7	30	8	1	14	0	9	0	9	0	9	16	3	0	0	31
FRP	SECO	R4	12	3	18	10	19	3	8	0	6	0	3	8	6	3	3	0	0	1
FRP	SECO	R5	14	5	30	18	2	16	8	0	5	0	4	0	5	3	2	0	0	1
FSP	CHUV	R1	15	2	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	10	12
FSP	CHUV	R2	1	5	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	12
FSP	CHUV	R3	8	6	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	9	4
FSP	CHUV	R4	12	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	6
FSP	CHUV	R5	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	5

Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares
en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima

FSP	CHUV	R1	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	7	
FSP	CHUV	R2	8	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	8	
FSP	CHUV	R3	10	5	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	19	5	
FSP	CHUV	R4	14	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
FSP	CHUV	R5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	
FSP	CHUV	R1	9	3	13	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	16	0
FSP	CHUV	R2	7	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	1
FSP	CHUV	R3	4	2	1	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
FSP	CHUV	R4	10	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	15
FSP	CHUV	R5	8	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
FPP	CHUV	R1	22	15	0	0	0	3	0	0	12	0	1	0	0	0	2	0	0	7
FPP	CHUV	R2	16	2	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FPP	CHUV	R3	11	5	0	0	0	3	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	4	0
FPP	CHUV	R4	2	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	29
FPP	CHUV	R5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
FPP	CHUV	R1	4	1	24	0	0	6	0	0	17	7	2	0	0	0	5	0	0	11
FPP	CHUV	R2	7	2	6	0	0	2	0	0	17	5	2	0	0	0	5	0	0	13
FPP	CHUV	R3	6	1	8	0	0	1	0	0	8	3	2	0	0	0	0	0	0	4
FPP	CHUV	R4	18	4	6	0	0	3	0	0	3	0	2	0	0	0	4	0	0	0
FPP	CHUV	R5	24	0	4	0	0	1	0	0	12	1	2	0	0	0	6	0	0	1
FPP	CHUV	R1	9	6	18	0	0	0	0	0	6	0	1	0	3	0	12	0	0	8
FPP	CHUV	R2	9	2	15	0	0	1	1	0	12	0	0	0	0	0	3	0	0	11
FPP	CHUV	R3	12	1	6	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	20
FPP	CHUV	R4	14	1	9	0	0	0	0	0	4	0	1	0	5	0	1	0	0	0
FPP	CHUV	R5	11	5	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
FRP	CHUV	R1	19	10	9	0	0	8	8	0	0	0	1	0	27	0	6	0	0	2
FRP	CHUV	R2	17	8	10	0	0	9	10	0	0	0	4	0	5	0	6	0	0	4
FRP	CHUV	R3	18	7	6	0	0	3	4	0	0	0	2	0	8	0	9	0	0	0
FRP	CHUV	R4	11	3	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	23	0	1	0	0	3
FRP	CHUV	R5	14	2	3	0	0	1	3	0	0	0	1	0	31	0	1	0	0	1
FRP	CHUV	R1	14	8	5	0	0	7	19	0	1	0	6	0	10	0	3	0	0	15
FRP	CHUV	R2	12	2	6	0	0	2	9	0	3	2	1	0	18	0	3	0	0	3
FRP	CHUV	R3	14	1	2	0	0	4	10	0	2	0	3	0	31	0	4	0	0	12
FRP	CHUV	R4	19	0	8	0	0	3	4	0	0	0	1	0	8	0	3	0	0	1
FRP	CHUV	R5	5	1	4	0	0	1	2	0	3	2	0	0	5	0	2	0	0	1
FRP	CHUV	R1	8	8	14	0	0	4	10	0	10	5	0	0	20	0	3	0	0	10
FRP	CHUV	R2	6	11	2	0	0	9	11	0	0	1	0	0	15	0	15	0	0	8
FRP	CHUV	R3	12	3	9	0	0	3	8	0	0	6	6	0	31	0	2	0	0	2
FRP	CHUV	R4	15	1	3	0	0	4	5	0	1	0	5	0	36	0	0	0	0	1
FRP	CHUV	R5	2	5	12	0	0	4	2	0	0	0	5	0	0	0	2	0	0	12

Código de especies de HMA:

G1: *Glomus* sp1

G2: *Glomus* sp2

G3: *Glomus* sp3

G4: *Glomus* sp4

G5: *Glomus* sp5

Am: *Acaulospora mellea*

As: *Acaulospora scrobiculata*

Ac: *Acaulospora colombiana*

Ap: *Acaulospora spinosa*

A1: *Acaulospora* sp1

A2: *Acaulospora* sp2

Gm: *Gigaspora margarita*

Gg1: *Gigaspora* sp1

Db: *Dentiscutata biornata*

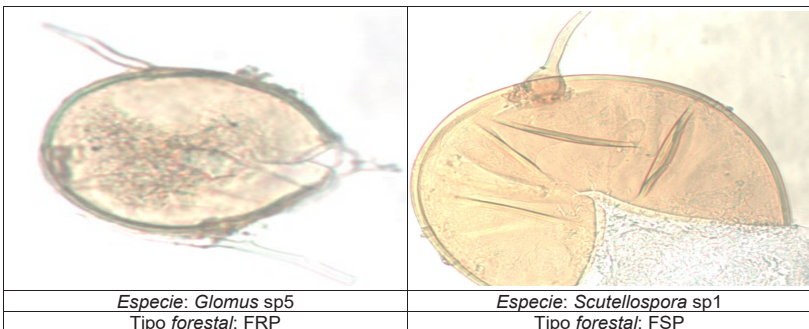
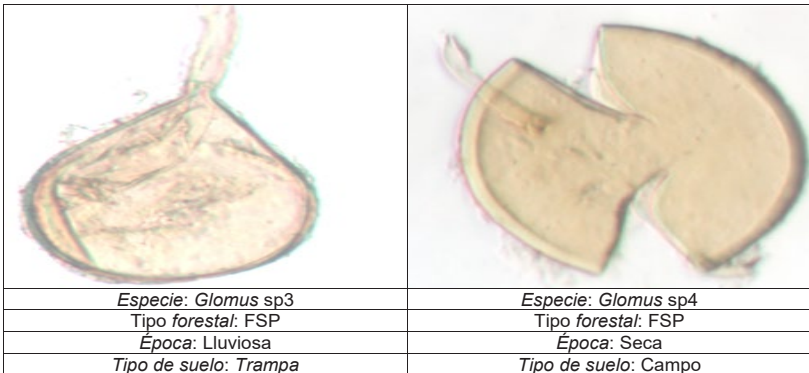
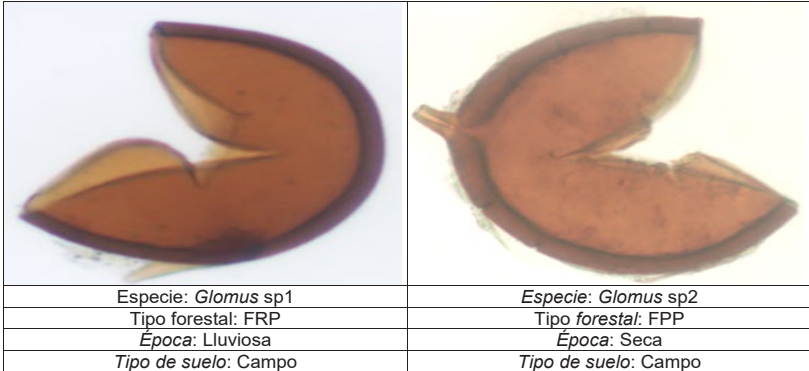
Dh: *Dentiscutata heterogama*

Ar: *Archaeospora trappei*


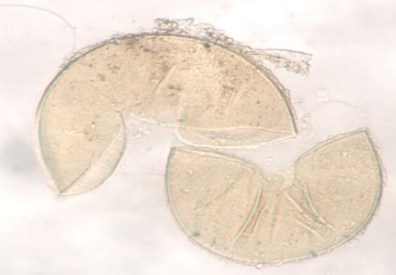
Sc1: *Scutellospora* sp1

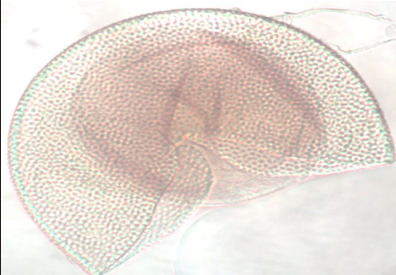

Sc2: *Scutellospora* sp2

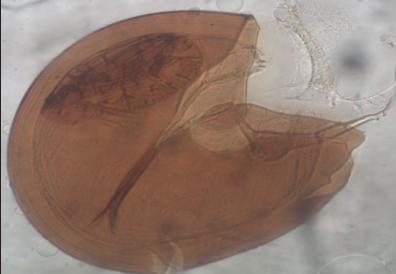

ANEXO A – Fotografías de esporas de HMA tomadas en el campo y en cultivo trampa en diferentes estaciones (seca y lluviosa) en presencia/ausencia de *P. gracilipes* en la Isla de Maracá, Roraima, Brasil.



Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares
 en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima

<i>Época:</i> Seca	<i>Época:</i> Lluviosa
<i>Tipo de suelo:</i> Campo	<i>Tipo de suelo:</i> Trampa
	
<i>Especie:</i> <i>Acaulospora colombiana</i>	<i>Especie:</i> <i>Acaulospora mellea</i>
<i>Tipo forestal:</i> FRP	<i>Tipo forestal:</i> FPP
<i>Época:</i> Seca	<i>Época:</i> Lluviosa
<i>Tipo de suelo:</i> Campo	<i>Tipo de suelo:</i> Campo

	
<i>Especie:</i> <i>Acaulospora scrobiculata</i>	<i>Especie:</i> <i>Gigaspora margarita</i>
<i>Tipo forestal:</i> FSP	<i>Tipo forestal:</i> FPP
<i>Época:</i> Lluviosa	<i>Época:</i> Lluviosa
<i>Tipo de suelo:</i> Trampa	<i>Tipo de suelo:</i> Trampa

	
<i>Especie:</i> <i>Dentiscutata biornata</i>	<i>Especie:</i> <i>Dentiscutata heterogama</i>
<i>Tipo forestal:</i> FRP	<i>Tipo forestal:</i> FRP
<i>Época:</i> Seca	<i>Época:</i> Lluviosa
<i>Tipo de suelo:</i> Campo	<i>Tipo de suelo:</i> Campo

ANEXO B – Fotografías de muestras de suelo a una profundidad de 0 - 1 metro, y valores de textura en la Isla de Maracá, Roraima, Brasil.



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L3 - 500	Arcilla (%)	94,3	188,4	268,9
	Limo (%)	77,8	105,5	101,8
	Arena (%)	827,9	706,2	629,2



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L3 - 500	Arcilla (%)	260,4	301	292,8
	Limo (%)	88	84,4	80,8
	Arena (%)	651,6	614,6	626,3

Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares
 en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L3 - 500	Arcilla (%)	269,6	288,7	263,6
	Limo (%)	75,3	73,8	74,3
	Arena (%)	655,1	637,6	662,2



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L3 - 1500	Arcilla (%)	73,1	83,1	91,6
	Limo (%)	83,7	101,1	101,1
	Arena (%)	843,2	815,7	807,2



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L3 - 1500	Arcilla (%)	61	115,7	115,1
	Limo (%)	142,1	103,2	81,6
	Arena (%)	796,9	781,2	803,3



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L3 - 1500	Arcilla (%)	135,7	150,1	156,4
	Limo (%)	92,6	96	96,7
	Arena (%)	771,7	753,9	746,9

Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares
 en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L3 - 2500	Arcilla (%)	65	78,2	90,7
	Limo (%)	62,5	73,6	99,7
	Arena (%)	872,4	848,2	809,5



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L3 - 2500	Arcilla (%)	89,7	105,3	128,8
	Limo (%)	99,7	103,8	122,8
	Arena (%)	810,5	790,9	748,4



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L3 - 2500	Arcilla (%)	168,4	163,5	180
	Limo (%)	90,7	91,8	88,2
	Arena (%)	740,9	744,7	731,8



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L3 - 3500	Arcilla (%)	100	121,4	115,9
	Limo (%)	78,9	96,3	98,8
	Arena (%)	821,1	782,2	785,3

Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares
 en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L3 - 3500	Arcilla (%)	136	156,5	41,1
	Limo (%)	104,4	94,8	204,6
	Arena (%)	759,6	748,6	754,3



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L3 - 3500	Arcilla (%)	179	209,3	246
	Limo (%)	75,2	65,7	53,7
	Arena (%)	745,7	724,9	700,3



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L4 - 2500	Arcilla (%)	73,3	84,7	95,6
	Limo (%)	106,4	137,3	133,7
	Arena (%)	820,4	778,1	770,7



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L4 - 2500	Arcilla (%)	101,2	92,3	88,2
	Limo (%)	125,7	114,8	105,7
	Arena (%)	773,2	792,9	806,1

Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares
 en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L4 - 2500	Arcilla (%)	83	62,1	77
	Limo (%)	109,6	51,1	67,5
	Arena (%)	807,3	886,8	855,4



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L4 - 3500	Arcilla (%)	69,3	71,2	80,6
	Limo (%)	81,3	82,7	77,1
	Arena (%)	849,4	846	842,3

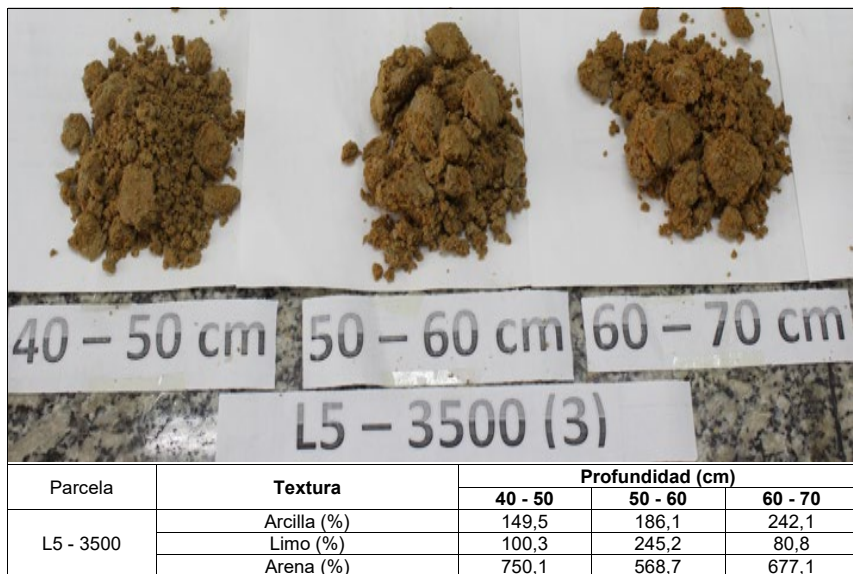
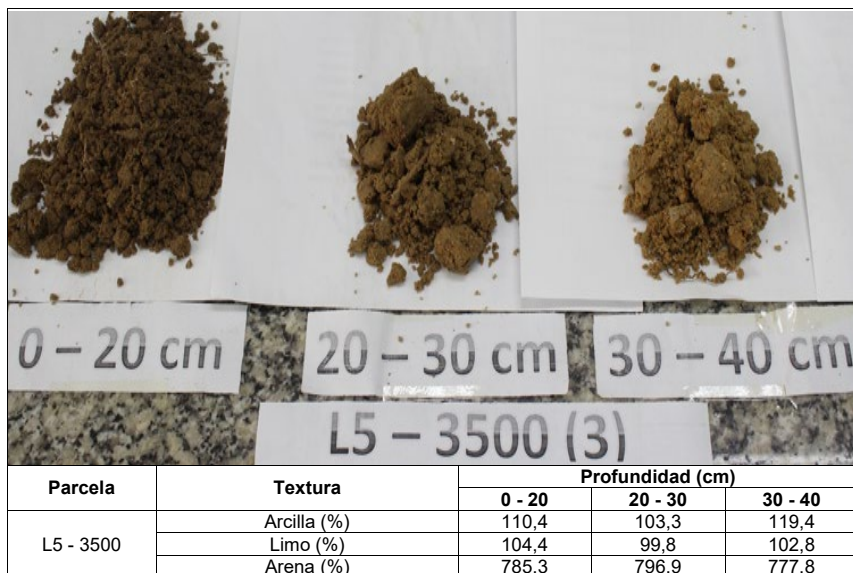


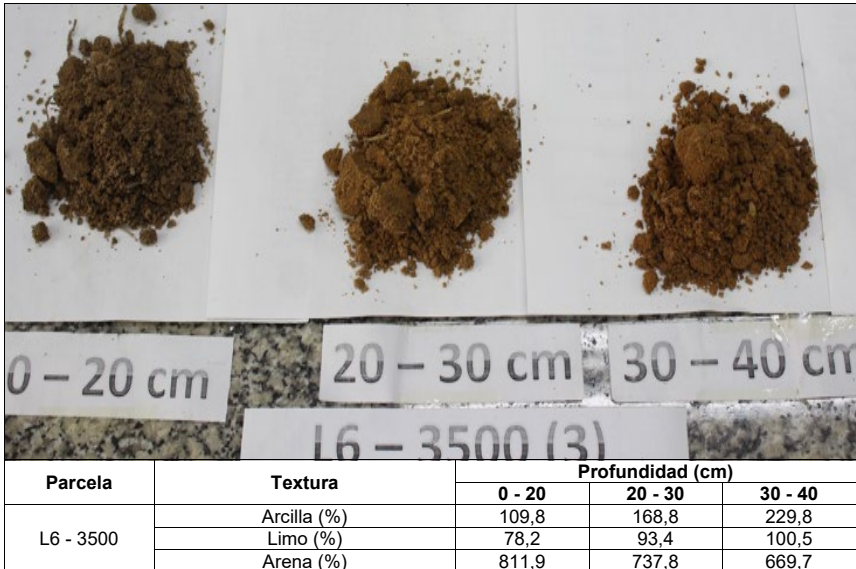
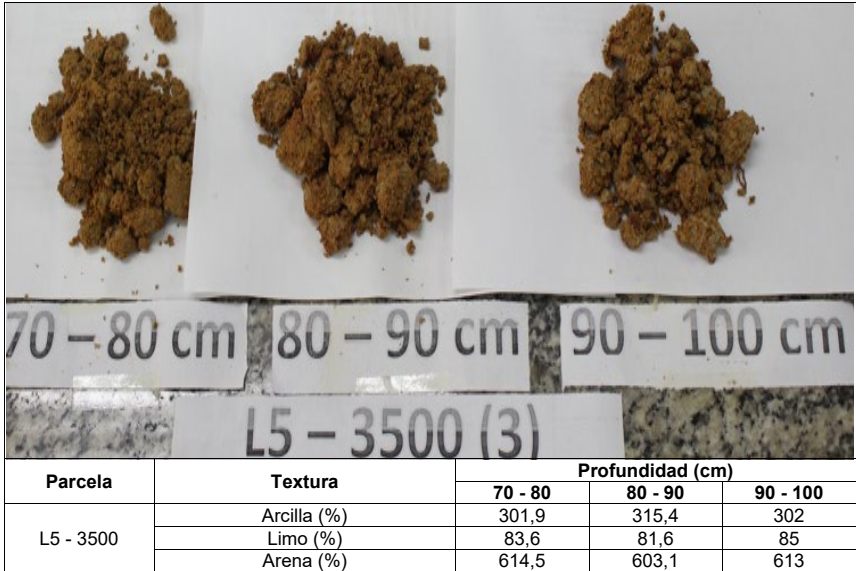
Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L4 - 3500	Arcilla (%)	71,7	57,6	48,1
	Limo (%)	75,7	64,1	75,1
	Arena (%)	852,6	878,3	876,8



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L4 - 3500	Arcilla (%)	42,5	65,6	132,6
	Limo (%)	64,1	77,7	77,8
	Arena (%)	893,4	856,7	789,6

Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares
 en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima





Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares
 en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L6 - 3500	Arcilla (%)	286,3	353,5	388,5
	Limo (%)	86,6	85,6	72,1
	Arena (%)	627,1	561	539,4



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L6 - 3500	Arcilla (%)	343,9	303,3	385
	Limo (%)	72	80,5	77,1
	Arena (%)	584,1	589,2	537,9

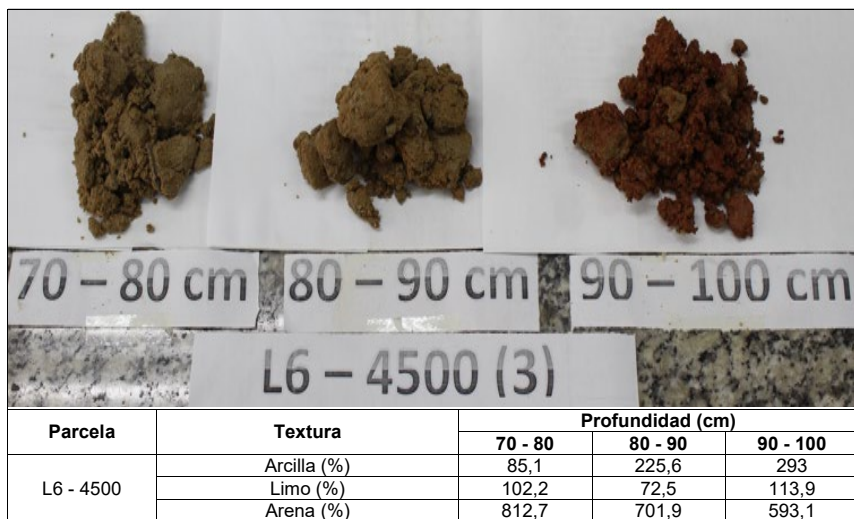


Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L6 - 4500	Arcilla (%)	58,6	83,7	76,1
	Limo (%)	69,1	80,7	74,6
	Arena (%)	872,4	835,6	849,3



Parcela	Textura	Profundidad (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L6 - 4500	Arcilla (%)	77,1	81,6	129
	Limo (%)	95,1	92,6	80,3
	Arena (%)	827,8	825,8	790,7

Condiciones ambientales y la distribución de hongos micorrízicos arbusculares
 en los bosques de Ecotono de la isla de Maracá, Roraima



RESEÑA DE AUTOR:



Ing Óscar Oswaldo Prieto Benavides Ph.D.

Docente Titular de las cátedras remediación ambiental, microbiología ambiental, edafología y contaminación del suelo. Doctor en Recursos Naturales en la Universidade Federal de Roraima, Brasil. Maestría en Desarrollo y Medio Ambiente en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo; Quevedo, Ecuador.

oprieto@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4101-0523>



Dr. Eduardo Díaz Ocampo, Ph.D.
RECTOR

Ing. Yenny Guiselli Torres Navarrete, Ph.D.
VICERRECTORA ACADÉMICA

Ing. Bolívar Roberto Pico Saltos, Ph.D.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Econ. Carlos Edison Zambrano, Ph.D.
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN - DICYT

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los tipos de bosque y la estacionalidad en la ocurrencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la isla de Maracá, Roraima, en el norte de la Amazonia brasileña. Para ello, se recogieron muestras de suelo en dos estaciones, una en la estación lluviosa y otra en la estación seca. Las muestras fueron recolectadas en 9 parcelas, en áreas ricas (FRP), áreas pobres (FPP) y áreas sin *P. gracilipes* (FSP).

Las muestras de suelo se analizaron para: análisis químico y granulométrico, densidad y morfología de las esporas e identificación de los HMA.

