



HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS ARBUSCULARES NATIVOS EN LA GRANJA AGROECOLÓGICA DE UNIMINUTO, VILLAVICENCIO META

Andrea Fernanda Acosta Saldaña¹, Jorge Luis Cano Perdomo¹, Marielena Espitia Ramírez¹, Carlos Alberto Hernández Medina³ ✉, Martha Lucia Velasco Belalcázar^{2,3,4}

¹ Estudiante tesista de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Rectoría Regional Orinoquia, Sede Villavicencio-eta, Programa Ingeniería Agroecológica.

² Docente de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Rectoría Regional Orinoquia, Sede Villavicencio-eta, Programa Ingeniería Agroecológica

³ Investigador Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigación Protección Vegetal para el Mejoramiento de la Productividad. Colombia ✉, hernandezcarlos887@gmail.com

⁴ GITSAI - Grupo de investigación en innovación agroindustrial, tecnológica y social.

Palabras claves: autóctonos, microorganismos, Orinoquia, rizosfera, sostenibilidad.

RESUMEN

En los suelos de la Orinoquia existe gran diversidad de microorganismos, como los hongos formadores de micorrizas arbusculares-HMA, que además de su presencia resultan relevantes por las distintas interacciones que generan y los servicios ecosistémicos que prestan. Es por esto, que la presente investigación pretendió caracterizar las poblaciones de HMA nativos asociados a dos zonas con diferente grado de intervención antrópica en la granja Agroecológica de UNIMINUTO, Villavicencio-Meta. Para ello, se tomaron seis muestras de suelo rizosférico en cada zona y se realizó extracción de esporas mediante la técnica de decantación y tamizado húmedo, seguido de centrifugación en gradiente de sacarosa al 70%. Las esporas encontradas fueron contadas, seleccionadas e identificadas. Se hizo análisis químico de los suelos y determinó la relación de los parámetros con el número de esporas (Correlación spearman). Así mismo se realizó una comparación de medias (prueba U Mann Whitney) encontrándose diferencias estadísticamente significativas (N: 18, p valor: 0,0001) entre la densidad de esporas presentes las dos zonas de estudio, siendo el bosque el lugar de mayor densidad (7640,5 esporas/100 g de suelo) en comparación con la zona de pastizal (3323,1). Se encontró correlación entre el número de esporas y cada uno de los 18 parámetros evaluados, menos con el pH. Se identificaron un total de 46 morfo especies de esporas pertenecientes a los géneros *Glomus* (16), *Acaulospora* (12), *Gigaspora* (7), *Scutellospora* (4), *Claroideoglomus* (2), *Sclerocystis* (2) y *Funnelliformis* (1). Lo encontrado es una contribución a la generación de soluciones para enfrentar problemas presentes en los agroecosistemas.

NATIVE ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN THE AGROECOLOGICAL FARM OF UNIMINUTO, VILLAVICENCIO META

Keywords

autochthonous, microorganisms, Orinoquia, rhizosphere, sustainability.

ABSTRACT

In the soils of the Orinoquia there is a great diversity of microorganisms, such as the fungi that form arbuscular mycorrhizae-AMF, which, in addition to their presence, are relevant for the different interactions they generate and the ecosystem services they provide. For this reason, this research sought to characterize the populations of native AMF associated with two areas with different degrees of anthropic intervention in the Agroecological farm of UNIMINUTO, Villavicencio-Meta. For this, six rhizosphere soil samples were taken in each area and spore extraction was performed using the decanting and wet sieving technique, followed by centrifugation in a 70% sucrose gradient. The spores found were counted, selected and identified. A chemical analysis of the soils was carried out and the relationship of the parameters with the number of spores (Spearman Correlation) was determined. Likewise, a comparison of means (Mann Whitney U test) was carried out, finding statistically significant differences (N: 18, p value: 0.0001) between the density of spores present in the two study areas, with the forest being the place with the highest density. (7640.5 spores/100 g of soil) compared to the grassland area (3323.1). A correlation was found between the number of spores and each of the 18 parameters evaluated, except for pH. A total of 46 morphospecies of spores belonging to the genera *Glomus* (16), *Acaulospora* (12), *Gigaspora* (7), *Scutellospora* (4), *Claroideoglomus* (2), *Sclerocystis* (2) and *Funnelliformis* (1) were identified. What was found is a contribution to the generation of solutions to face problems present in agroecosystems

Rec : 07/08/2021

Acep : 20/10/2021



INTRODUCCIÓN

En los suelos de la Orinoquía, así como la mayoría de área de las diferentes regiones de Colombia y a nivel global, existe gran diversidad de microorganismos en el suelo que, además de su presencia, resultan relevantes por las distintas interacciones que generan y los servicios ecosistémicos que prestan. “Se estima que un 1 g de suelo puede contener de 10^5 a 10^6 células microbianas, entre ellas las fúngicas, teniendo en cuenta que los hongos presentes en el suelo son responsables de múltiples funciones ecológicas importantes (Landinez *et al.* 2020)”. Una de ellas, es la que sucede entre las raíces de cerca del 70 al 90% de las plantas existentes e importantes para la agricultura, y algunos hongos (hongos formadores de micorrizas arbusculares-HMA) los cuales poseen la capacidad de generar una simbiosis denominada “Micorriza”, la cual, como resultado de la interacción permite que las raíces de la planta tengan mayor exploración radicular mejorando la absorción de nutrientes y de agua (Vega, 2011; Suchitra *et al.* 2012; Bernola *et al.* 2018), entre muchos otros beneficios.

Algunos investigadores afirman que los HMA son clave en la agricultura sustentable (Bernola *et al.* 2018), puesto que, dichos organismos asumen una función importante en los ciclos de nutrientes como “el carbono orgánico (C), en forma de azúcares y lípidos (Jiang *et al.* 2017; Luginbuehl *et al.* 2017; Bernola *et al.* 2018), la transferencia de fósforo (P) y nitrógeno (N) a las plantas por parte o con ayuda de los hongos en mención (Smith & Read, 2010; Bernola *et al.* 2018)”, entre otros mecanismos que contribuyen a proteger a las plantas de

manera directa e indirecta, para que sean menos susceptibles a enfermedades.

Los HMA presentan un gran rango de adaptabilidad a condiciones ambientales y una amplia distribución geográfica, por lo que, diferentes investigaciones sobre este tema mencionan, la necesidad de incluir estos microorganismos en los cultivos agrícolas, forestales y pecuarios, debido a que su presencia garantiza la fertilidad y estructura del suelo.

Por lo anterior, también sé evidencia en diferentes investigaciones, la riqueza y complejidad de especies de HMA; dado que tiene un impacto importante frente a la productividad de las plantas, debido a que esta simbiosis, que se desarrolla entre los HMA y las raíces de las plantas, genera unos efectos positivos en las especies vegetales como lo son: el crecimiento y nutrición. (Reyes, 2019). Dada la importancia que tienen las micorrizas dentro de los sistemas agrícolas y en la preservación del suelo y del ecosistema agroecosistemas (Sánchez de Prager *et al.* 2010). Se busca identificar las diferentes especies de micorrizas presentes en los suelos de los llanos, ampliando las posibilidades de manejo de este recurso microbiológico y a su vez aumentar y/o mantener la presencia de este en dichos suelos, con el fin de contribuir en la generación de soluciones para enfrentar problemas presentes en ellos. De ahí que, el presente trabajo pretendió Caracterizar las poblaciones de HMA nativos asociados a dos sitios con diferente grado de intervención antrópica en la granja Agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, en Villavicencio Meta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y muestreo de suelo

La investigación se llevó a cabo en la Granja agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO, ubicada en la vereda Barcelona, en Villavicencio- Meta (4°07' 092 N - 73° 58' 582 W, a 386 msnm).

Las muestras de suelo se recolectaron en dos sitios: Zona de pastizal (Pa) que está constituido por 10.500 m² de praderas donde predominaba *Brachiaria* sp, la cual es utilizada para la cría y manutención de ganado a baja escala (03 individuos/hectárea) distribuidos en manejo rotacional en seis potreros. El segundo sitio estudiado, fue el área de Bosque (Bo), la cual comprendió un área aproximada de 600 m² de bosque secundario en recuperación, en donde se encuentran principalmente plantas de Yarumo (*Cecropia peltata*), Pimienta (*Piper* sp), Casco de vaca (*Bauhinia picta*), Yopo (*Anadenanthera peregrina*), entre otras variedades de nativas maderables y algunos frutales amazónicos. Cada lugar se subdividió en tres zonas (Z), en las cuales, se tomaron dos muestras (M) por zona, es decir, se tomó un total de 6 muestras de suelo por sitio, para un total de 12 muestras, cada una de 1 kg de suelo rizosférico a una profundidad aproximada entre 0-20 cm. El suelo se depositó en bolsas de plástico, se rotularon y se conservaron en una caja (cartón) para su posterior traslado al Laboratorio de Biología de la granja UNIMINUTO.

Extracción de esporas de las muestras de suelo

Se procedió a realizar el proceso de extracción de esporas mediante el método de tamizado en húmedo y decantación,

descrito por Sieverding (1993), con modificaciones de Sánchez de Prager *et al.* (2010), el cual define los siguientes pasos: Se pesó 100 g de suelo y se tamizó con la ayuda de los tamices de 425, 105 y 38 μ m, utilizando abundante agua con el fin de eliminar impurezas, partículas de tamaño inferior y facilitando la separación de las esporas. Se recolectó el suelo que quedó en el tamiz de 38 μ m y el de 105 μ m, traspasando este material a un tubo Falcon de 50 ml, con la ayuda de una espátula de punta fina, un frasco lavador y agua, luego se adiciona solución azucarada al 70% hasta completar 40 o 45 ml del tubo y se agitó el material y la solución. Se llevaron los tubos a la centrífuga, para realizar la separación de las esporas del suelo mediante el centrifugado a 3250 rpm, por 4 min.

Clasificación e identificación de esporas.

El conteo de esporas se llevó a cabo después de centrifugada la muestra, se rescató la fracción que contenía las esporas, previa a un proceso de lavado y retiro del exceso de solución azucarada. Estas fueron depositadas en cajas Petri y llevadas para observación y conteo al estereoscopio. Posterior a esto, las esporas separadas de acuerdo a morfotipos, se fijaron en placas portaobjetos para su posterior identificación. Se realizaron montajes semipermanentes de las diferentes morfoespecies encontradas, con alcohol polivinílico lactoglicerol (PVLG), con y sin reactivo de Melzer (Schenck & Pérez, 1990). Así mismo como lo describe Moinat *et al.* (2018) en su técnica de fijación que posteriormente con ayuda de

un microscopio realiza la observación y su respectiva identificación de las esporas micorrizas

La identificación de los géneros de hongos micorrícicos arbusculares se basó en las características morfológicas de las esporas, primordialmente el tamaño, el color, conexión hifal, el modo de formación de la espora, formación de o ausencia de sáculos esporíferos, pared y capas, grosor de las hifas, presencia o ausencia de escudos, vesículas, células axilares y forma de la colonización que presentan, entre otros. Siguiendo la metodología expuesta por Sánchez de Prager *et al.* (2010)

Análisis químico de los suelos y cálculo del índice de relación de los parámetros con el número de esporas

El análisis químico de las muestras fue realizado por la corporación colombiana

de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) y se determinó niveles de pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico (CIC), % Materia orgánica MO y cantidades de elementos mayores y menores presentes en este suelo. Una vez obtenidos los valores de los parámetros químicos evaluados y la densidad de esporas en los suelos objeto de estudio, se procedió a realizar la determinación de la relación entre el número de esporas y los parámetros químicos del suelo mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Spearman. Se realizaron análisis de medias, mediante el análisis estadístico de U Mann Whitney, para comparar si existen diferencias significativas entre el número de esporas de los dos sitios. Dichos procesos o análisis estadísticos se realizaron con el programa PAST 4.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuantificación de la densidad de esporas de HMA de suelo rizosférico

Fueron 12 muestras correspondientes a los puntos seleccionados en campo y en cada uno se realizaron tres repeticiones al proceso de extracción de esporas para cuantificación de la densidad de las mismas, para un total de 36 análisis. De lo anterior se calculó el promedio y la desviación estándar de número de esporas de HMA, encontrándose que en el bosque se presenta la mayor densidad de esporas (7640,5 esporas/ 100 g de suelo), en comparación con la pradera o Pastizal (3323,1 esporas/ 100 g de suelo) (**Figura 1**).

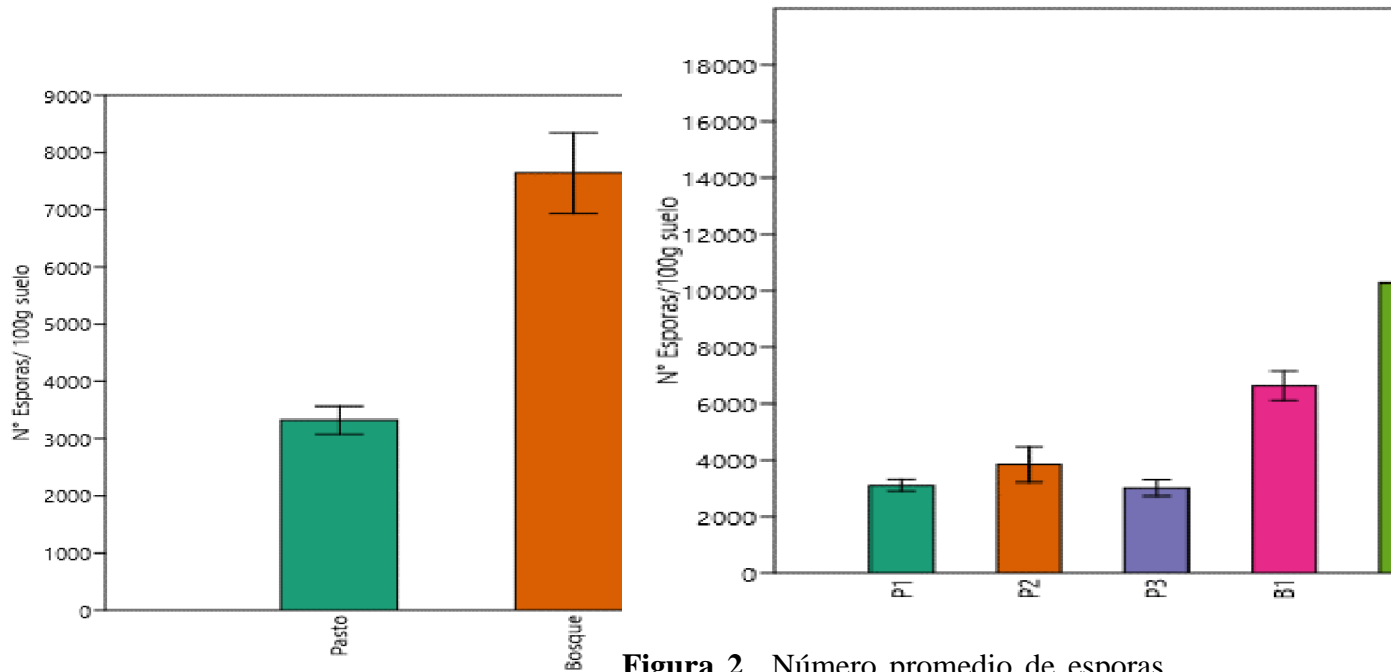


Figura 1. Comparación del número promedio de esporas en 100 g de suelo, entre los lugares de Pasto y Bosque, de la granja agroecológica UNIMINUTO. Autores, (2022).

Después de hacer la comparación de los grupos estudiados mediante la prueba de (U Mann Whitney), se observó que había diferencias estadísticamente significativas ($n=36$; p valor: 0,0001) entre la densidad de esporas presentes en las muestras analizadas, teniendo en cuenta que en cualquiera de los tres zonas de bosque presenta un mayor número de esporas en comparación con cualquiera de los tres de la pradera o pastizal (**Figura 2**).

Figura 2. Número promedio de esporas en 100 g de suelo, encontrado en cada uno de los sitios de Pa y Bo estudiadas. Autores. (2022).

Al ver la **figura 2**, se puede indicar que en cada sitio de muestreo hubo zonas relevantes en cuanto a la densidad de esporas, siendo los puntos de muestreo P2 y B2 los que presentan mayores valores con 4000 y 10.000 unidades de esporas en 100g suelo respectivamente. Estos datos se pueden comparar con los reportados por Pérez *et al.* (2012), quienes encontraron intervalos entre 1500 a 6000 esporas de HMA en suelos de pasto Colosuana en el municipio de Corozal Sucre, Colombia. Así mismo Pérez *et al.* (2013), encontraron un máximo de 1000 ± 1800 esporas de HMA en fincas ganaderas del municipio de Tolú, Sucre, Colombia, lo cual ratifica que en suelos con bajo uso para ganado el número de esporas es bajo si se compara con el bosque

Según lo descrito por Pérez *et al.* (2013), donde afirma que zonas con bajo uso en ganadería, comparado con los bosques, son de menor diversidad y número de esporas HMA, por otro lado, lo descrito por Pimentel *et al.* (2020), en República Dominicana en donde cada una de las 12 fincas evaluadas no se encontró más de 44.45 esporas en promedio en suelos, bajo sistema de pastoreo, valores muy inferiores que denotan degradación del hábitat y del suelo. Caso excepcional si, se comparan con lo encontrado en el presente estudio, en el que incluso en la muestra **P1**, donde se obtuvo el valor de densidad de esporas más bajo en todo el estudio, es 65 veces mayor que lo reportado por Pimentel *et al.* (2020). Lo anterior, denota que, aunque se han intervenido estas áreas en la granja, su uso no ha sido tan intensivo como en los estudios mencionados, por lo que se constituye como un dato importante para la toma de decisiones sobre la planificación del uso del suelo en la

granja y en otros suelos de la Orinoquia, si se pretende conservar la biodiversidad y salud y equilibrio del suelo.

Géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares nativos encontrados en las zonas de estudio

Luego de realizar la separación y posterior identificación, se encontró un total de 46 especies de esporas de HMA en los 12 puntos de muestreo de la granja agroecológica UNIMINUTO (**Tabla 1**). Estas morfoespecies se encontraban clasificadas taxonómicamente en tres órdenes (Diversisporales, Glomerales, Paraglomerales). De igual forma se encontró que el género *Glomus* presentó el mayor número de morfos (16), seguido de *Acaulospora* (12), *Gigaspora* (7), *Scutellospora* (4), *Claroideoglosum* (2), *Sclerocystis* (2) y *Funneliformis* con solo una (1) morfoespecie (**Tabla 1**).

Tabla 1. Especies/morfoespecies encontradas en cada una de las zonas de estudio. Clasificación taxonómica e información de la figura que representa la espora de la morfoespecie. Autores. (2022).

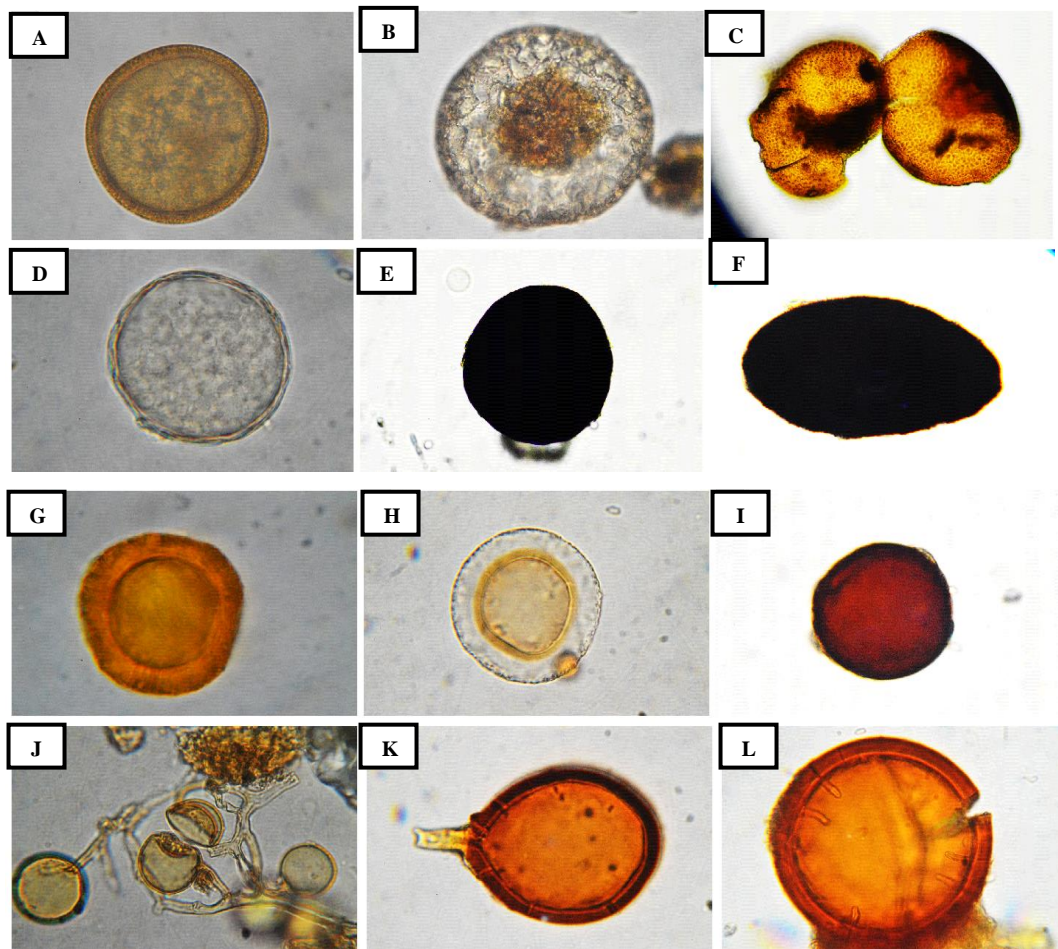
Clasificación/identificación			Zona de estudio		Figura
Orden	Familia	Especie/morfoespecie	Bosque	Pastizal	
Diversisporales	Acaulosporaceae	<i>cf Acaulospora denticulata</i>	X	X	3A
		<i>cf Acaulospora scrobiculata</i>	X		4A
		<i>Acaulospora</i> sp. 1	X		4B
		<i>Acaulospora</i> sp. 2	X	X	3B
		<i>Acaulospora</i> sp. 3	X		4C
		<i>Acaulospora</i> sp. 4	X		4D
		<i>Acaulospora</i> sp. 5		X	4E

		<i>Acaulospora</i> sp. 6	X		4F
		<i>Acaulospora</i> sp. 7	X	X	3C
		<i>Acaulospora</i> sp. 8	X		4G
		<i>Acaulospora</i> sp. 9	X		4H
		<i>Acaulospora</i> sp. 10	X		4I
	Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i> sp. 1	X		4J
		<i>Gigaspora</i> sp. 2	X	X	3D
		<i>Gigaspora</i> sp. 3	X	X	3E
		<i>Gigaspora</i> sp. 4	X	X	3F
		<i>Gigaspora</i> sp. 5	X		4K
		<i>Gigaspora</i> sp. 6		X	5A
		<i>Gigaspora</i> sp. 7		X	5B
		<i>Scutellospora</i> sp. 1	X		4L
		<i>Scutellospora</i> sp. 2	X		4M
		<i>Scutellospora</i> sp. 3		X	5C
		<i>Scutellospora</i> sp. 4		X	5D
Glomerales	Claroideoglomeraceae	<i>Claroideoglomerus</i> sp. 1	X	X	3G
		<i>Claroideoglomerus</i> sp. 2	X	X	3H
	Glomeraceae	<i>Funneliformis</i> sp. 1	X	X	3I
		<i>cf Glomus geosporum</i>		X	5E
		<i>Glomus</i> sp. 1	X	X	3J
		<i>Glomus</i> sp. 2	X		4N
		<i>Glomus</i> sp. 3	X	X	3K
		<i>Glomus</i> sp. 4	X		4Ñ
		<i>Glomus</i> sp. 5	X		4O
		<i>Glomus</i> sp. 6	X		4P
		<i>Glomus</i> sp. 7	X	X	3L
		<i>Glomus</i> sp. 8	X	X	3M
		<i>Glomus</i> sp. 9	X		4Q
		<i>Glomus</i> sp. 10	X		4R
		<i>Glomus</i> sp. 11	X		4S
		<i>Glomus</i> sp. 12	X	X	3N
		<i>Glomus</i> sp. 13		X	5F

		<i>Glomus</i> sp. 14		X	5G
		<i>Glomus</i> sp. 15		X	5H
		<i>Sclerocystis</i> sp. 1	X		4T
		<i>Sclerocystis</i> sp. 2	X	X	3Ñ
Paraglomerales	Paraglomeraceae	<i>Paraglomus</i> sp. 1	X		4U
		<i>Paraglomus</i> sp. 2	X		4V

La zona con mayor riqueza de especies/morfoespecies encontrada en la granja obedece al Bosque, dado que presentó 40 morfotipos distintos en comparación con el sitio de Pasto (23). Así mismo, como se observa en la **Tabla 1** y **Figura 3**, cf. *A. denticulata*, *Acaulospora* sp. 2, *Acaulospora* sp. 7,

Gigaspora sp. 2, *Gigaspora* sp. 3, *Gigaspora* sp. 4, *Claroideoglomus* sp. 1, *Claroideoglomus* sp. 2, *Funneliformis* sp. 1, *Glomus* sp. 1, *Glomus* sp. 3, *Glomus* sp. 7, *Glomus* sp. 8, *Glomus* sp. 12 y *Sclerocystis* sp. 2, son las 15 morfoespecies que se encontraron tanto en Pa como en Bo.



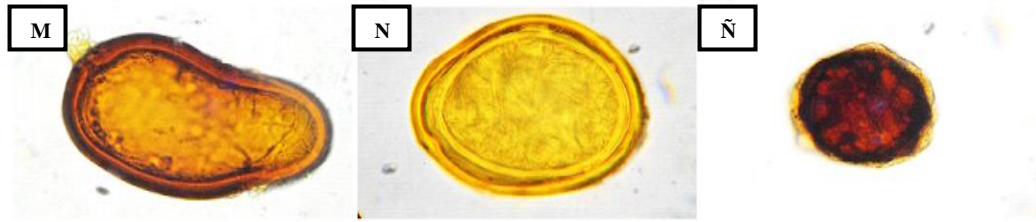


Figura 3. Esporas de hongos formadores de micorrizas arbusculares encontradas asociadas a ambas zonas de estudio: A) *cf A. denticulata*, B) *Acaulospora* sp. 2, C) *Acaulospora* sp. 7, D) *Gigaspora* sp. 2, E) *Gigaspora* sp. 3, F) *Gigaspora* sp. 4, G) *Claroideoglossum* sp. 1, H) *Claroideoglossum* sp. 2, I) *Funneliformis* sp. 1, J) *Glomus* sp. 1, K) *Glomus* sp. 3, L) *Glomus* sp. 7, M) *Glomus* sp. 8, N) *Glomus* sp. 12, Ñ) *Sclerocystis* sp. 2. Autores. (2022).

De las 46 especies totales, *cf A. scrobiculata*, *Acaulospora* sp. 1, *Acaulospora* sp. 3, *Acaulospora* sp. 4, *Acaulospora* sp. 5, *Acaulospora* sp. 6, *Acaulospora* sp. 8, *Acaulospora* sp. 9, *Acaulospora* sp. 10, *Gigaspora* sp. 1, *Gigaspora* sp. 5, *Scutellospora* sp. 1, *Scutellospora* sp. 2, *Glomus* sp. 2,

Glomus sp. 4, *Glomus* sp. 5, *Glomus* sp. 6, *Glomus* sp. 9, *Glomus* sp. 10, *Glomus* sp. 11, *Sclerocystis* sp. 1, *Paraglomus* sp. 1 y *Paraglomus* sp. 2, son las 23 morfoespecies que se encontraron de manera exclusiva en la zona de bosque (**Figura 4**).



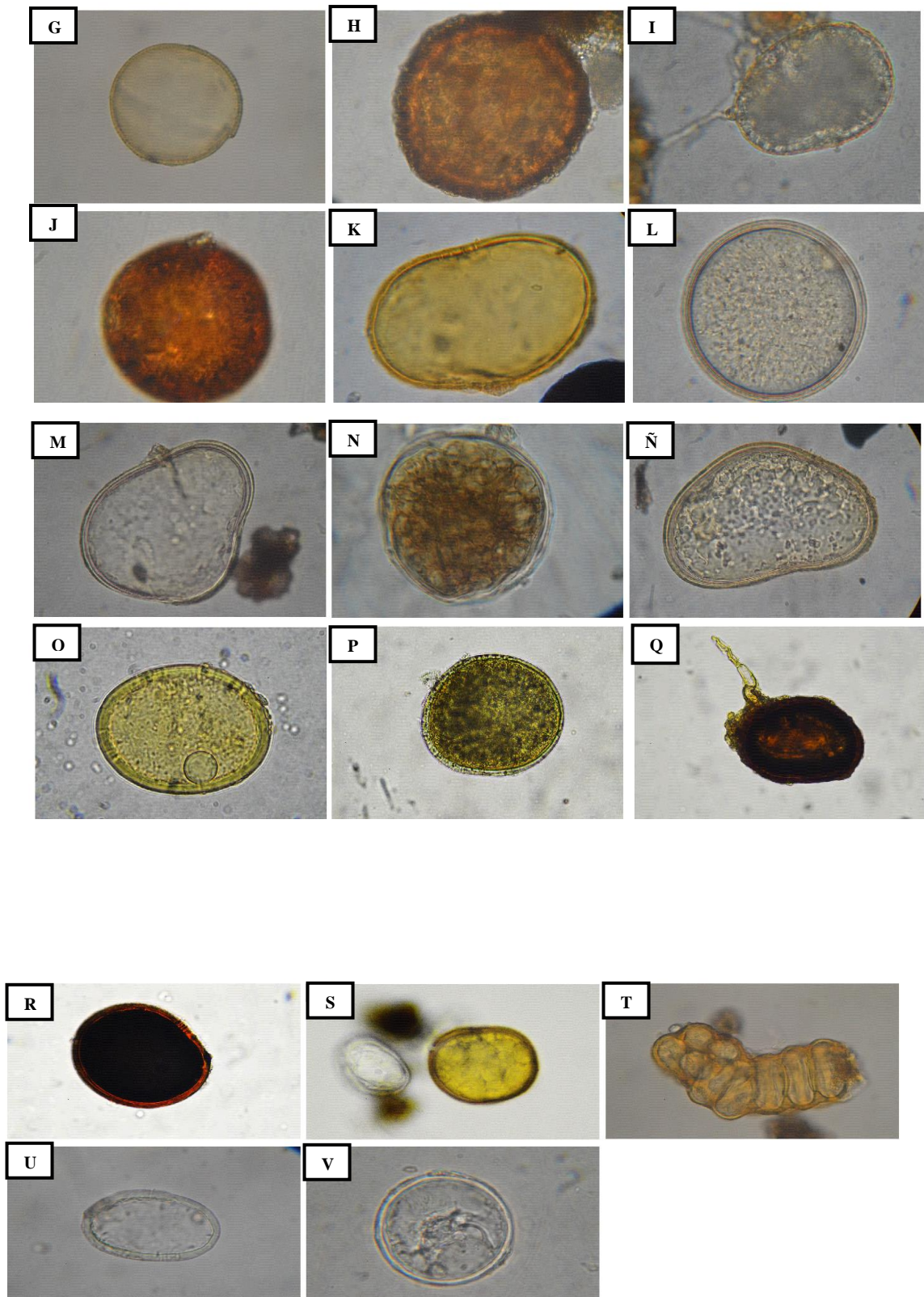


Figura 4. Esporas de hongos formadores de micorrizas arbusculares encontradas de manera exclusiva en zona de Bosque: A) *cf A. scrobiculata*, B) *Acaulospora* sp. 1, C)

Acaulospora sp. 3, D) *Acaulospora* sp. 4, E) *Acaulospora* sp. 5, F) *Acaulospora* sp. 6, G) *Acaulospora* sp. 8, H) *Acaulospora* sp. 9, I) *Acaulospora* sp. 10, J) *Gigaspora* sp. 1, K) *Gigaspora* sp. 5, L) *Scutellospora* sp. 1, M) *Scutellospora* sp. 2, N) *Glomus* sp. 2, Ñ) *Glomus* sp. 4, O) *Glomus* sp. 5, P) *Glomus* sp. 6, Q) *Glomus* sp. 9, R) *Glomus* sp. 10, S) *Glomus* sp. 11, T) *Sclerocystis* sp. 1, U) *Paraglomus* sp. 1, V) *Paraglomus* sp. 2. Autores. (2022).

Por último, *Gigaspora* sp. 6, *Gigaspora* sp. 7, *Scutellospora* sp. 3, *Scutellospora* sp. 4, cf *Glomus geosporum*, *Glomus* sp. 13, *Glomus* sp. 14, *Glomus* sp. 15, son las ocho

morfoespecies que se encontraron de manera exclusiva en la zona de pastizal (Figura 5).

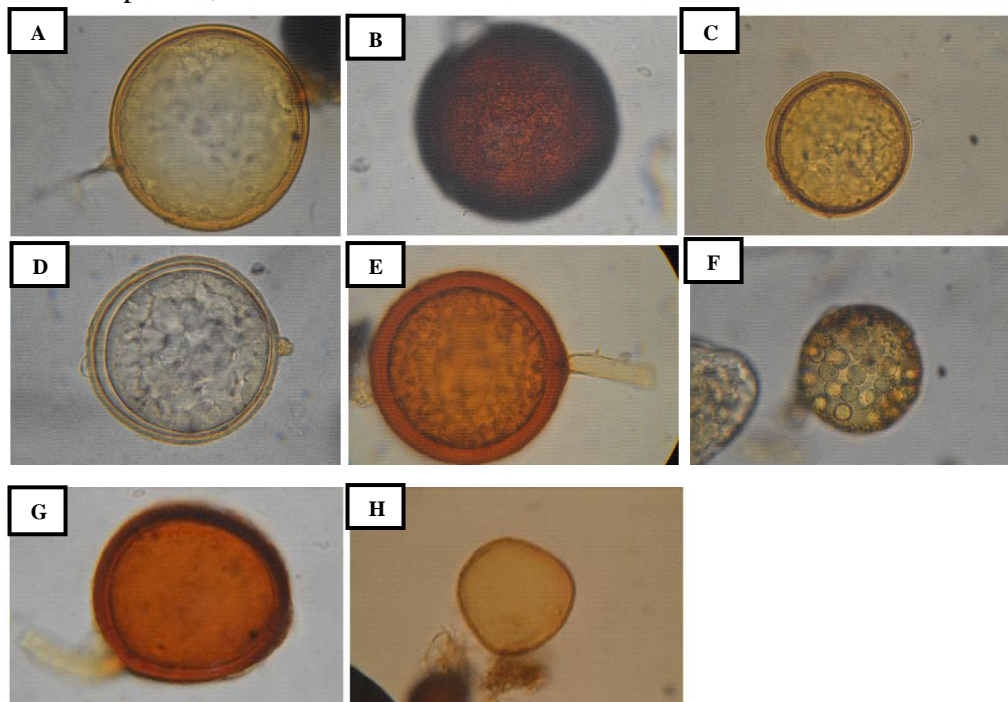


Figura 5. Esporas de hongos formadores de micorrizas arbusculares encontradas de manera exclusiva en zona de Pastizal o pradera: A) *Gigaspora* sp. 6, B) *Gigaspora* sp. 7, C) *Scutellospora* sp. 3, D) *Scutellospora* sp. 4, E) cf *G. geosporum*, F) *Glomus* sp. 13, G) *Glomus* sp. 14, H) *Glomus* sp. 15. Autores. (2022).

Comparando los resultados de la investigación con los de Arancibia *et al.* (2022), se encuentra una similitud de resultados en cuanto a los géneros predominantes en suelo rizosférico a una profundidad de 0-20 cm, siendo las

esporas de HMA del género *Glomus* sp y *Acaulospora* sp., las más abundantes en número y diversidad en el lugar de investigación, sitio la “Quebrada el Gallo” ubicada en el Noreste de Valparaíso de la zona central de Chile,

teniendo como referente la condiciones edafoclimáticas como principal incidencia en la densidad poblacional de las esporas micorrízicas arbusculares en el medio. Así mismo, con lo reportado por Pimentel *et al.* 2020 y Pérez *et al.* 2012b, en el que se reporta a *Glomus* como el género con mayor representación en número de especies o morfos en las muestras analizadas.

Caracterización química del suelo y determinación de la relación de los parámetros del suelo con el número de esporas encontrado

Los resultados de los análisis químicos de los suelos pasturas y de bosque nativo se apreciaron en la **Tabla 2** donde a grandes rasgos se puede decir que las características químicas del suelo en los dos sitios de la granja no presentan grandes variaciones.

Tabla 2. Resultados del análisis de suelo y del cálculo de correlación de Spearman, valor de la correlación y probabilidades respectivas. Autores. (2022).

Determinación analítica	Unidad	Valor muestra de Pastizal	Valor muestra de Bosque	Correlación con N° Esporas/ 100 g suelo	P valor
pH (1;2,5)	Unidades de pH	5.30 (Fuerte a extremadamente ácido)	4.94 (Fuerte a extremadamente ácido)	-0,41363	p=0,012
Conductividad Eléctrica (CE) (1:5)	dS/m	0.08 (No salino)	0.06 (No salino)	-0,86905	p<0,05
Materia Orgánica (MO)	g/100g	3.81 (Alto)	3.21 (Alto)	-0,86905	p<0,05
Carbono Orgánico (CO)	g/100g	2.21	1.86	-0,86905	p<0,05
P Disponible	mg/kg	7.60 (Bajo)	2.12 (Bajo)	-0,86905	p<0,05
Azufre (S) Disponible	mg/kg	1.56 (Bajo)	1.32 (Bajo)	-0,86905	p<0,05
Capacidad Interc Catiónico Efectiva	cmol (+)/kg	4.11 (Baja)	5.13 (Baja)	0,86905	p<0,05

(CICE)					
Boro (B) Disponible	cmol (+)/kg	0.15 (Bajo)	0.13 (Bajo)	-0,86905	p<0,05
Acidez (Al+H)	cmol (+)/kg	1.62 (No indica)	3.35 (No indica)	0,86905	p<0,05
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol (+)/kg	1.16 (Con restricción)	2.38 (Con restricción)	0,86905	p<0,05
Calcio (Ca) Disponible	cmol (+)/kg	1.71 (Bajo)	1.18 (Bajo)	-0,86905	p<0,05
Magnesio (Mg) Disponible	cmol (+)/kg	0.65 (Bajo)	0.49 (Bajo)	-0,86905	p<0,05
Potasio (K) Disponible	cmol (+)/kg	0.09 (Bajo)	< 0.09 (Bajo)	No calculada	-
Sodio (Na) Disponible	cmol (+)/kg	< 0.14 (Normal)	< 0.14 (Normal)	No calculada	-
Hierro (Fe) Olsen Disponible	mg/kg	278.67 (Alto)	199.77 (Alto)	-0,86905	p<0,05
Cobre (Cu) Olsen Disponible	mg/kg	< 1.00 (Bajo)	< 1.00 (Bajo)	No calculada	-
Manganeso (Mn) Olsen Disponible	mg/kg	2.33 (Bajo)	< 1.00 (Bajo)	-0,86905	p<0,05
Zinc (Zn) Olsen Disponible	mg/kg	< 1.00 (Bajo)	< 1.00 (Bajo)	No calculada	-
Saturación de Ca	%	42 (Medio)	23 (Bajo)	-0,86905	p<0,05
Saturación de Mg	%	16 (Medio)	10 (Bajo)	-0,86905	p<0,05
Saturación de K	%	2 (Medio)	1 (Bajo)	-0,86905	p<0,05
Saturación de Na	%	1 (Normal)	1 (Normal)	No calculada	-
Saturación de Al	%	28 (Restrictivo)	55 (Restrictivo)	0,86905	p<0,05

Otro aspecto a considerar es la correlación de Spearman en la **Tabla 2** con cada uno de los parámetros químicos del suelo, donde la mayoría de estos presentan correlación fuerte con la densidad de esporas, a excepción del pH del suelo donde este valor indica que ninguna de las dos zonas de la granja tiene una correlación (-0,41363, entre el

pH ni en el N° de esporas), con una probabilidad de $p=0,012$.

Aunque se observa una tendencia a que a mayor pH del suelo menor número de esporas, la relación no siempre es constante o clara (**Figura 6**). Para el resto de parámetro la correlación es fuerte debido a que el valor de correlación es cercano a 1 (**Tabla 2**).

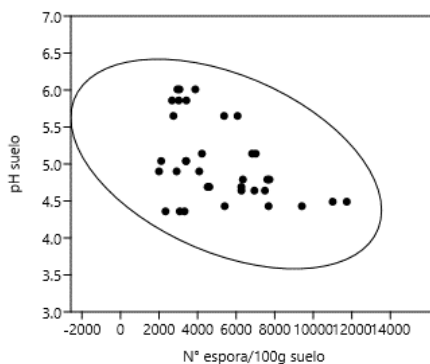


Figura 6. Resultado del cálculo de correlación de Spearman entre el N° de esporas y el pH del suelo en la zona de estudio. Autores. (2022).

Teniendo en cuenta las características de los paisajes que se presentan en los llanos orientales, en varios sitios pueden predominar suelos con presencia significativa Fe y Al, y por ende, el pH tiende a ser bajo. Este hecho se pudo constatar con lo encontrado en los resultados del análisis de suelo; para P y Bo como lo observamos en la **Tabla 3.**, sin embargo, hay que resaltar el alto contenido de MO, tal vez por la presencia de vegetación diversa.

El área estudio, presentó climas ligeramente variados y una marcada intervención antrópica entre el bosque y

los pastizales, arrojando diferencias significativas en diversos parámetros que han sido reportados como relevantes para el establecimiento y proliferación de los HMA como se observa en la **Tabla 2**, sin embargo en lo relacionado con el pH del suelo y la correlación con el número de esporas, aunque se observa una tendencia que mayor pH del suelo se presentan menor número de esporas, esta relación no siempre es constante o clara (**Tabla 2**). Evidentemente, lo encontrado concuerda con lo reportado por Posada *et al.* (2012) y Garzón, (2016), en el que se mencionan que el pH, la humedad del suelo, la conductividad, el contenido de P, nutrientes y metales pesados, MO entre

otros, influye sobre la presencia y distribución de los hongos micorrízicos.

De acuerdo con lo descrito por Peña-Venegas *et al.* (2007), el pH puede generar un efecto negativo en la densidad poblacional de las esporas HMA presente en el suelo, a causa de concentraciones particularmente en elementos como; Al, Fe, Ca, aunque en dicha investigación se obtuvo menor densidad de esporas en 100 g /suelo, se presentó correlación en el género *Glomus*, como la de mayor presencia en la rizosfera con un valor de hasta el 50% de los resultados de esporas en cada muestra analizada. El hecho que en la granja agroecológica se hubiese presentado un número alto de esporas por cada 100g de suelo a pesar de haber tenido suelos fuertes a extremadamente ácidos (5,3 y 4,94), se debe en gran parte a la capacidad de adaptación de los HMA, las cuales pueden tolerar condiciones adversas de pH (Pérez *et al.* 2010; Restrepo *et al.* 2019; Nuñez *et al.* 2020).

Por otro lado, el pH encontrado en la zona de estudio pudo haber influido en la estructura de la comunidad de hongos presentes en la granja y también explica el que se presentaran 12 morfoespecies del género *Acaulospora*, ya que como lo señalan González *et al.* (2012) y Raya *et al.* (2019), es más frecuente encontrar esporas del género en mención, en suelos con pH que se acerquen más a 7.

CONCLUSIONES

- La presencia de los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Claroideoglomus*, *Sclerocystis* y *Funneliformis* en los dos sitios trabajados de la granja son una muestra de la gran

diversidad de esporas de HMA presente en la Orinoquia Colombiana, que permite incentivar la conservación de la biodiversidad y los suelos.

- La presencia de mayor número de morfoespecies de HMA en los suelos o puntos de muestreo ubicados en el bosque es una muestra de que el uso y/o transformación del suelo para ganadería, así sea de baja escala, disminuye sustancialmente la diversidad y abundancia de esporas en los suelos intervenidos.
- La obtención de los parámetros químicos de los suelos evaluados en las dos zonas de estudio se constituye como información base para generar acciones de mejora y enmiendas que conlleven a un correcto establecimiento de cultivos enmarcados en procesos pedagógicos y de investigación que se pretendan generar en la granja.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen Lenith Cardenas y Nubia Estela Casas de la dirección de investigaciones de la rectoría Orinoquia de la corporación Universitaria Minuto de Dios y a los grupos de investigación “Protección Vegetal para el Mejoramiento de la productividad” de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira; Grupo de investigación en innovación agroindustrial, tecnológica y social-GITSAI, por su colaboración en el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

Arancibia, R., Flores, M.E., Cabrera, T., Sánchez, J., Obando, J. (2022). Evaluación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la rehabilitación ecológica de ecosistemas con actividad minera. *Ecosistemas* 31(2): 2304. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2304>

Bernola, L., Cange, G., Way, M., Gore, J., Hardke, J. y Stoud, M. (2018). Natural Colonization of Rice by Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Different Production Areas. *Sciencedirect*. Vol 25. 1(1), 169-174. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2018.02.006>

Cardona, G., Peña, C. y Arcos, A. (2008). Ocurrencia de hongos formadores de micorriza arbuscular asociados a ají (*Capsicum* sp.) en la Amazonia colombiana. *Agronomía Colombiana* 26(3), 459-470. <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v26n3/v26n3a11.pdf>

Garzón L. P. (2016). Importancia de las micorrizas arbusculares (ma) para un uso sostenible del suelo en la amazonia colombiana. *Revista Luna Azul (On Line)*, (42), 217 - 234. Recuperado a partir de <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1616>.

González, J., Vega, M., Varela, L., Martínez, M., Carreón, Y. & Gavito, M. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungal (AMF) communities and land use change: the conversion of temperate forests to avocado plantations and maize fields in central Mexico. *Fungal Ecol.* 5(1):16-23.

Jiang, Y., Wang, W., Xie, Q., Liu, L., Zhang, C., Yang, C., Cheng, X., Tang, D. y Wang, E. (2017). Plants transfer lipids to sustain colonization by mutualistic

mycorrhizal and parasitic fungi. *Science*. Vol 356. DOI: 10.1126/science.aam9970

Landinez, A., Becerra, J., Tosi, S y Nicola, L. (2020). Soil microfungi of the Colombian natural regions. Article in international journal of environmental research and public health https://www.researchgate.net/publication/346813539_Soil_Microfungi_of_the_Colombian_Natural_Regions

Luginbuehl, L., Menard, G., Kurup, S., Van, H., Radhakrishnan, G., Breakspear, A., Oldroyd, G. y Eastmond, P. (2017). Fatty acids or arbuscular mycorrhizal fungi are synthesized by the host plant. *Science*. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aan0081>

Núñez, P., Reyes, Y., Soto, Wagner, B., Pimentel, E., Bueno, A. & Mercano, I. (2020). Caracterización de micorrizas autóctonas en suelo y raíces provenientes de fincas ganaderas en Montecristi, República Dominicana. *Revista Agropecuaria y Forestal, APF - Vol 09, (01): 61: 74.* <http://sodiaf.org.do/apf/index.php/apf/article/view/114>.

Peña-Venegas, C.P., Cardona, G.I., Arguelles, J.H., Arcos, A.L. (2007). Micorrizas arbusculares del sur de la Amazonia colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. *Acta Amaz.* 37, 327-336 <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000300003>

Pérez, A., Botero, C. y Cepero, M. (2012). Diversidad de micorrizas arbusculares en pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus de

fincas ganaderas del municipio de Corozal-Sucre. *Revista MVZ Córdoba*, 17(2).

<https://revistamvz.unicordoba.edu.co/articulo/view/237>

Pérez, A., & Peroza, V. (2013). Micorrizas arbusculares asociadas al pasto angleton (*Dichathium aristatum Benth*) en fincas ganaderas del municipio de Tolú, Sucre-Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 18(1), 3362-3369. Retrieved August 01, 2022, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682013000100015&lng=en&tlng=es.

Pérez, C., & Vertel, M. (2010). Evaluación de la colonización de micorrizas arbusculares en pasto *Bothriochloa pertusa* (L). A. Camus. *Revista MVZ Córdoba*, 15(3), 2165-2174. Recuperado en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682010000300004&lng=en&tlng=es.

Pérez, Y., Álvarez, J., Mendoza, J., Pat, J., Gómez, R., Cuevas, L. (2012b). Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares en maíz con cultivo de cobertura y biofertilizantes en Chiapas, México. *Gayana Botánica*, 69 (1): 46-56.

Pimentel, E., Bueno, A., González, N., Bueno, A., Pineda, M., Wagner, B., Marcano, I., & Núñez, P. (2020). Identificación de cepas autóctonas de micorrizas bajo sistemas de pastoreo en Valverde Mao, República Dominicana. *APF*, 9(1), 49-60. Recuperado a partir de <https://sodiaf.org.do/apf/index.php/apf/article/view/113>

Posada, H., Madriñán, S. y Rivera, L. (2012). Relationships between the litter

colonization by saprotrophic and arbuscular mycorrhizal fungi with depth in a tropical forest. *Fungal Biology*, 116(7), 747-755.

Raya, Y., Apáez, P., Aguirre, S., Vargas, M., Paz, R., & Lara, M. (2019). Identificación de hongos micorrizógenos arbusculares en huertos de aguacate de Uruapan, Michoacán. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(spe23), 267-276. Epub 20 de noviembre de 2020. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2026>

Restrepo, K., Montoya, M., Henao, P., Gutiérrez, Lina., & Molina, L. (2019). Caracterización de hongos micorrízicos arbusculares de suelos ganaderos del trópico alto y trópico bajo en Antioquia, Colombia. *Idesia (Arica)*, 37(1), 35-44. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000301>

Reyes, I., Chimal, E., Salmeron, J., Vásquez, N. y Varela, L. (2019). Comunidad de hongos micorrizógenos arbusculares (*Glomeromycota*) asociada con agaves mezcaleros de Oaxaca y su relación con algunas propiedades edáficas. *Revista Mexicana de biodiversidad*. Vol 90. (3), 1-15 <http://revista.ib.unam.mx/index.php/bio/article/view/2777/2001>

Sánchez de Prager, M., Posasa, R., Velásquez, D., & Narváez, M. (2010). *Metodologías Básicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular*. Universidad nacional de Colombia Sede Palmira https://www.researchgate.net/publication/271507112_Metodologias_basicas_para_el_trabajo_con_Micorriza_Arbuscular_y

Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular

Schenck, c. & Pérez, Y. (1990) Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. Gainesville: Synergistic Publications. 286 p.

Sieverding, E. (1993) Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agroecosistem. GTZ Federal Republic of Germany. 370p.

Suchitra, R., Kumuta, K. y Balachandar, D. (2012). Morpho- Typing and Molecular Diversity of Arbuscular Mycorrhizal fungi in Sub-Tropical Soils of coimbatore Region, Tamil Nadu, India. Indian J Microbiol. <https://doi.org/10.1007/s12088-011-0206-2>

Smith, S.E. & Read, D.J. (2010). *Mycorrhizal Symbiosis*. Third Edition. https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=qLciOJaG0C4C&oi=fnd&pg=PP1&ots=zrwSjZWDoH&sig=oVIQusNSInL0fCvaikpxCkTC0-c&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Vega, M.V. (2011). *Identificación de Micorrizas Vesículo-Arbusculares en Especies Agrícolas y Forestales en la Zona de Tingo María*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional Agraria De La Selvas]. Repositorio Alicia concytec. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/137/AGR-581.pdf?sequence=1&isAllowed=y>