



Aislamiento y caracterización morfológica de comunidades de hongos micorrízicos arbusculares en dos sistemas de pastoreo

Isolation and morphological characterization of arbuscular mycorrhizal fungi communities in two grazing systems

Delgado-Giler, Wendy María; Vivas-Arturo, Walter Fernando;
Solórzano-Zambrano, Liceth Janina; Bonilla-Loor, Mario Javier

Wendy María Delgado-Giler

wdelgado8676@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí, Chone-Manabí

Walter Fernando Vivas-Arturo

walter.vivas@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí, Chone-Manabí

Liceth Janina Solórzano-Zambrano

liceth.solorzano@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí, Chone-Manabí

Mario Javier Bonilla-Loor

mario.bonilla@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí, Chone-Manabí

Resumen: Este trabajo evaluó la densidad y diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMAs) presentes en los suelos de dos sistemas de pastoreo (sistema silvopastoril y pastoreo continuo) asociados a cultivos de pastos *Brachiaria* (*Brachiaria brizantha*), estrella (*Cynodon nlemfuensis*), saboya (*Panicum maximum*) y una asociación de leguminosas rastreras, mediante un diseño experimental completamente al azar (DCA), formado por ocho tratamientos y cinco repeticiones. Se aislaron las esporas de HMAs y se agruparon mediante claves taxonómicas para determinar su densidad y diversidad de morfotipos. Se aplicó un análisis de varianza y en los casos donde se determinó diferencia estadística se realizó una comparación con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. La mayor densidad de esporas de HMAs, se observó en los cultivos del sistema silvopastoril, especialmente en la asociación de leguminosa. Respecto a la diversidad, la mejor categoría estadística se encontró en los suelos de los cultivos de asociación de leguminosas rastrera y en el pasto saboya (*Panicum maximum*) del sistema silvopastoril.

Palabras clave: microbiología del suelo, sistema silvopastoril, pastoreo continuo.

Abstract: This work evaluated the density and diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) present in the soils of two grazing systems (silvopastoral system and continuous grazing) associated with *Brachiaria* (*Brachiaria brizantha*), Estrella (*Cynodon nlemfuensis*), Savoy (*Panicum maximum*) and an association of creeping legumes, through a completely randomized experimental design (DCA), consisting of eight treatments and five repetitions. AMF spores were isolated and grouped using taxonomic keys to determine their density and diversity of morphotypes. An analysis of variance was applied and in cases where a statistical difference was determined, a comparison was made with Tukey's test at 5% probability. The highest density of AMF spores was observed in the crops of the silvopastoral system, especially in the legume association. Regarding diversity, the best statistical category was found in the soils of the association crops of creeping legumes and in the savoy grass (*Panicum maximum*) of the silvopastoral system.

Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación

CIDEPRO, Ecuador
e-ISSN: 2588-1000
Periodicidad: Trimestral
Vol. 6, No. 46, 2022
editor@journalprosciences.com

Recepción: 27 Septiembre 2022
Aprobación: 18 Octubre 2022

DOI: <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss46.2022pp12-22>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Cómo citar: Delgado-Giler, W. M., Vivas-Arturo, W. F., Solórzano-Zambrano, L. J., & Bonilla-Loor, M. J. (2022). Aislamiento y caracterización morfológica de comunidades de hongos micorrízicos arbusculares en dos sistemas de pastoreo. *Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, 6(46), 12-22. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss46.2022pp12-22>

Keywords: soil microbiology, silvopastoral system, continuous grazing.

INTRODUCCIÓN

Los hongos micorrízicos arbusculares tienen conexión con la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas, mejoran la calidad del suelo, ayudan a las plantas en las sequías. Además, algunos de estos hongos tienen la capacidad de sintetizar los nutrientes inorgánicos y metales pesados (Morocho y Leiva-Mora, 2019).

Las plantas hospedantes y los hongos simbioses interactúan produciendo beneficios: los hongos colonizan las raíces y obtienen carbohidratos que no pueden sintetizar y las plantas reciben nutrientes minerales absorbidos y transportados por la enorme red de hifas que los hongos micorrízicos producen fuera de las raíces de las plantas (Giovannetti & Avio, 2002).

Lozano-Sánchez *et al.* (2015), menciona que para sustentar una mayor densidad de esporas de Micorrizas Arbusculares, es necesario que los suelos cuenten con manejo agroecológico adecuado. En el ambiente antropizado como suelos agrícolas, las micorrizas a menudo están ausentes o presente en forma reducida, muy probablemente debido al monocultivo y gran cantidad de insecticidas, fungicidas, herbicidas sintéticos y fertilizantes para suelos (Giovannetti & Gianinazzi-Pearson, 1994). Dependiendo de la especie de hongos y la planta involucrada, la simbiosis las micorrizas difieren morfológica y fisiológicamente. La mayoría de morfotipos está representado por las ectomicorrizas, ectoendomicorrizas y endomicorrizas (Smith & Read, 2008).

Las condiciones en las que se encuentran los HMAs en campo se determinan por factores como: análisis fisicoquímicos del suelo (Contenido de fósforo, pH, temperatura, textura, aireación y contenido de materia orgánica de los suelos en que se encuentran los pastos a estudiar) (Solórzano *et al.*, 2019).

En el Ecuador la ganadería depende de muchos factores relacionados al clima y ubicación geográfica, la ganadería es considerada como la principal fuente nutricional y económica para los productores que dependen de ella, sin embargo, para obtener los nutrientes para el animal, es necesario mejorar la producción de pastos, esta es la mejor forma de producir carne o leche (León *et al.*, 2018). Para esto se debe conocer cuál es el método más adecuado en el manejo animal, este puede depender de la forma de pastoreo, raza, alimentación, entre otras.

El pastoreo continuo, se basa en dejar al ganado bovino en pastizales de grandes extensiones, sin restringir consumo ni ración (Moron-Moron, 2009); por esta razón es la necesidad de tener una extensión mayor de pastos, lo cual nos disminuye la carga animal por hectárea cuadrada. Además, este consiste en mantener a los animales en el mismo potrero durante todo el tiempo. Los sistemas silvopastoriles (SSP) relaciona a la ganadería y especies vegetales, que ofrecen rendimiento productivo, reproductivo y amigable con el medio ambiente (Sotelo *et al.*, 2017), esto ayuda a obtener una mejor producción y rendimiento de carne y leche, además de tener árboles maderables y frutales.

METODOLOGÍA

Descripción de la zona del estudio

La investigación se realizó en dos fincas del cantón Chone en provincia de Manabí, ubicadas en la región centro norte de la costa del Ecuador en una explanada bañada por el río Chone, con un clima tropical lluvioso y temperaturas promedio de 25°C. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología).

La Finca San Pascasio (FSP), tiene implementado un Sistema silvopastoril y que se localiza geográficamente con las coordenadas de latitud sur 00°36'27.01" y longitud oeste 080°05'29.5", ubicada a una altitud de 36msnm. Mientras que la finca La Florida (FLF) tiene un Pastoreo continuo, y se encuentra localizada entre las coordenadas de latitud sur 00°35'59.5" y longitud oeste 080°05'44.0" con una altitud de 45msnm.

Recolección de las muestras

Se obtuvieron de cada finca cuatro muestras compuestas de suelo (1 Kg), se recolectó una muestra por cada tipo de cultivo (*Brachiaria brizantha*; *Cynodon nlemfuensis*; *Panicum maximum*; y asociación de leguminosas rastreras).

Cada muestra compuesta se formó de cinco submuestras de suelo, utilizando un modelo de muestreo con forma de "X" en donde se seleccionaron los 5 puntos, el primero en el centro de la parcela, y los cuatro restantes a 1 metro de distancia desde el primero a una profundidad de 20 cm. El suelo de los cinco puntos se mezcló y etiquetó como una muestra compuesta.

Caracterización del suelo

Análisis fisicoquímicos de los suelos

Los análisis del suelo se efectuaron en el laboratorio de suelos, tejidos vegetales y agua de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Se examinaron los suelos de las fincas seleccionadas para conocer sus características fisicoquímicas.

Para el análisis de los parámetros de textura del suelo se utilizaron 0,5 Kg de suelo de la muestra compuesta, las cuales fueron debidamente rotuladas.

Se evaluaron las principales características de interés agrícola mediante procedimientos estándar. El tamaño de la partícula fue medido mediante el método del hidrómetro; (Bouyoucos, 1936), el pH del electrodo de vidrio en una relación suelo-agua 1: 2,5 (V/V). La conductividad eléctrica se realizó con el método electrométrico (Skoog *et al.*, 2001). El porcentaje de carbono orgánico (CO) se valoró mediante el método de Walkley y Black, (1934), mientras que el nitrógeno (N) se estableció mediante la técnica micro-Kjedahl (Bremner & Mulvaney, 1982). La materia orgánica se determinó utilizando el método de combustión húmeda Walkley-Black modificado (Nelson & Sommers, 1982). El intercambio catiónico se logró mediante la técnica de titulación con NaOH. El Cu, P, Zn, Mg, Ca, N, Fe, Mn, K; se consiguieron por la técnica de Olsen modificado (Olsen & Sommers, 1982).

Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos del suelo se realizaron en el Laboratorio de Microbiología de suelo y Rumen de la Universidad Técnica de Manabí.

Extracción y conteo de esporas

Para la extracción de esporas se aplicó la metodología descrita en TWAMF- The World of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (TWAMF, 2021). De cada muestra de suelo se tomaron 100 g que fueron tamizados en húmedo mediante diferentes tamaños de tamices (0,42 y 0,053 mm). Posteriormente se añadió una solución de sacarosa al 60% y se centrifugó a 2000 rpm, durante dos minutos. Posteriormente de la centrifugación, el sobrenadante se tamizó con una luz de 0,053 mm, el material retenido en el tamiz se transfirió en una placa de Petri. Finalmente, se procedió al conteo de las esporas en un microscopio estereoscópico (Euromex Stereo Blue). Este resultado fue expresado en número de esporas. g^{-100} de suelo.

El centrifugado en la solución de sacarosa es una diferenciación realizada del tamizado en un medio acuoso donde después de una serie de pasos, las esporas son recolectadas para su conteo (Walker *et al.*, 1982).

Análisis morfológico de los HMAs

Las esporas extraídas de cada muestra se observaron en el estereoscopio (OLYMPUS CX31) y se separaron en tubos Eppendorf según la similitud en forma, color y tamaño, se lavaron tres veces en agua destilada estéril, se ubicaron en portaobjetos con alcohol polivinílico de lactoglicerol (PVLG) y con reactivo de Melzer-PVLG (1: 1; V/V).

Las esporas fueron evaluadas para su clasificación a nivel de especies. (Restrepo Giraldo *et al.*, 2019). Se valoraron características morfológicas de forma, tamaño, color y presencia de ornamentación de la pared de las esporas, en al menos 50 esporas presentes para cada morfotipo mediante un ocular micrométrico.

Diseño experimental y análisis estadísticos

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial (AxB), con dos niveles factor A (SSP y PC) y factor B con cuatro niveles: Brachiaria (*Brachiaria brizantha*); estrella (*Cynodon nlemfuensis*), saboya (*Panicum maximum*) y una asociación de leguminosas rastreras), con ocho tratamientos y cinco repeticiones, para un total de 40 unidades experimentales.

Las variables evaluadas en la investigación fueron: la densidad de esporas y diversidad de morfotipos de HMAs, para el proceso de datos se escogió el paquete estadístico Minitab (versión 20). Se efectuó un análisis de varianza (ANOVA) para establecer la presencia de diferencia significativa de la media de los valores; y en los casos donde se determinó discrepancia estadística entre las medias, estos se compararon mediante la prueba Tukey de probabilidad al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas y químicas del suelo

En las características físicas se evidenció que tanto el suelo del Sistema silvopastoril como el Pastoreo continuo son Franco-Arcilloso (ver Tabla 1), con valores de arena, limo, y arcilla, acordes a la zona de Manabí (Solórzano *et al.*, 2019).

Respecto al pH, se observó en el sistema silvopastoril un valor neutro de 6,9 (ver Tabla 2) mientras que el pastoreo continuo reportó 6,3 siendo ligeramente ácido. Es posible que esta diferencia en el pH se deba a que el pastoreo continuo según investigaciones de Boaretto y Neptune (1981) contribuye a la acidificación de los suelos, afectando su fertilidad. Resultados de Safir (1982), señalan que pH influye en la solubilidad y disponibilidad de los nutrientes hacia las raíces de las plantas. Sin embargo, Clark *et al.* (1999) indican que la respuesta de los HMAs al pH del suelo son variables.

Tabla 1. Textura del suelo de los sistemas pastoriles evaluados (SSP-PC)

Sistema	Textura (%)			Clase Textural
	Arena	Limo	Arcilla	
SSP	30	42	28	Franco – Arcilloso
PC	22	48	30	Franco – Arcilloso

En las propiedades químicas de los suelos se observó bajo contenido de amonio en ambas fincas con valores similares, resultado similar se evidenció en el contenido de boro en el sistema silvopastoril con 0,26 ppm y en el pastoreo continuo con 0,20 ppm como se puede ver en la Tabla 2. A pesar que los contenidos en fósforo, cobre, hierro y manganeso es alto en ambos sistemas, se evidenció que el contenido de fósforo en el sistema silvopastoril fue ampliamente mayor, igual que el contenido de manganeso en el pastoreo continuo (ver Tabla 2).

Además, se evidenció contenido medio de zinc tanto el sistema silvopastoril como en el pastoreo continuo. Particularmente interesante, fue la diferencia en el contenido de azufre, en el sistema silvopastoril con un contenido medio (10 ppm) mientras que en el pastoreo continuo el contenido fue bajo (8 ppm). También se observaron altos contenidos en potasio, calcio y magnesio en los dos sistemas pastoriles, con valores más alto en el sistema silvopastoril en comparación al pastoreo continuo.

Estos resultados reflejan mejor calidad y fertilidad del suelo con el manejo del sistema silvopastoril (León *et al.*, 2018; Boaretto y Neptune, 1981).

Tabla 2. Valores de las principales propiedades químicas del suelo de los sistemas pastoriles evaluados (SSP-PC)

Propiedades químicas SSP		Sistemas de pastoreo	
		PC	
pH	%	6,90 PN	6,30 Lac
M.O		3,00 M	4,00 M
NH ₄		8,00 B	7,00 B
P	Ppm	53,00 A	23,00 A
S		10,00 M	8,00 B
Zn		3,50 M	2,80 M
Cu		8,50 A	10,00 A
Fe		237,00 A	244,00 A
Mn		15,30 A	28,70 A
B		0,26 B	0,20 B
K		1,40 A	0,98 A
Ca	meq/100 ml	16,00 A	15,00 A
Mg		6,40 A	5,20 A

PN: Neutro; Lac: Ligeramente ácido

A: Alto; M: Medio; B: Bajo

Recuento de esporas de HMAs

Se observó mayor densidad de esporas en los suelos de los cultivos del sistema silvopastoril en relación con el pastoreo continuo. En la asociación de leguminosas se encontró mayor número de esporas con una media de 1684 esporas.g⁻¹⁰⁰ de suelo en el sistema silvopastoril, siendo esta la mejor categoría estadística y en el pastoreo continuo con 852 esporas.g⁻¹⁰⁰ de suelo; seguido del cultivo de (*Panicum maximum*) con 1592 esporas.g⁻¹⁰⁰ de suelo en el sistema silvopastoril y 770 esporas.g⁻¹⁰⁰ de suelo en el pastoreo continuo; en el cultivo (*Brachiaria brizantha*) en el sistema silvopastoril se encontraron 1242 esporas.g⁻¹⁰⁰ de suelo mientras que en el Pastoreo continuo 516 esporas.g⁻¹⁰⁰ de suelo; finalmente en el cultivo (*Cynodon nlemfuensis*) se evidenció el menor número de esporas tanto en el sistema silvopastoril como en el pastoreo continuo con 817 y 370 esporas.g⁻¹⁰⁰ de suelo respectivamente.

Es importante destacar que las mejores categorías estadísticas se obtuvieron el sistema silvopastoril de la FSP (ver Figura 1). Sin embargo, los estudios realizados por Flores et al. (2010), evidencian mayor densidad de esporas de HMAs en suelo de *Brachiaria* en comparación con (*Panicum maximum*) (100 y 70 esporas.g⁻⁵⁰ de suelo), lo que probablemente se deba a que este estudio se realizó con una sola especie de HMAs. Sin embargo, otros trabajos (Kanno et al., 2006; Saif, 1982) indican que este resultado puede estar relacionado con la menor dependencia de micorrizas de esta especie.

Respecto al sistema de pastoreo, un trabajo realizado por Eom *et al.* (2001) sugiere que el sistema de pastoreo no influye en la densidad de esporas de los HMAs en los suelos a diferencia de la diversidad. No obstante, Dodd (2000) indica que los suelos disturbados pueden disminuir la densidad de esporas, así como la diversidad de especies.

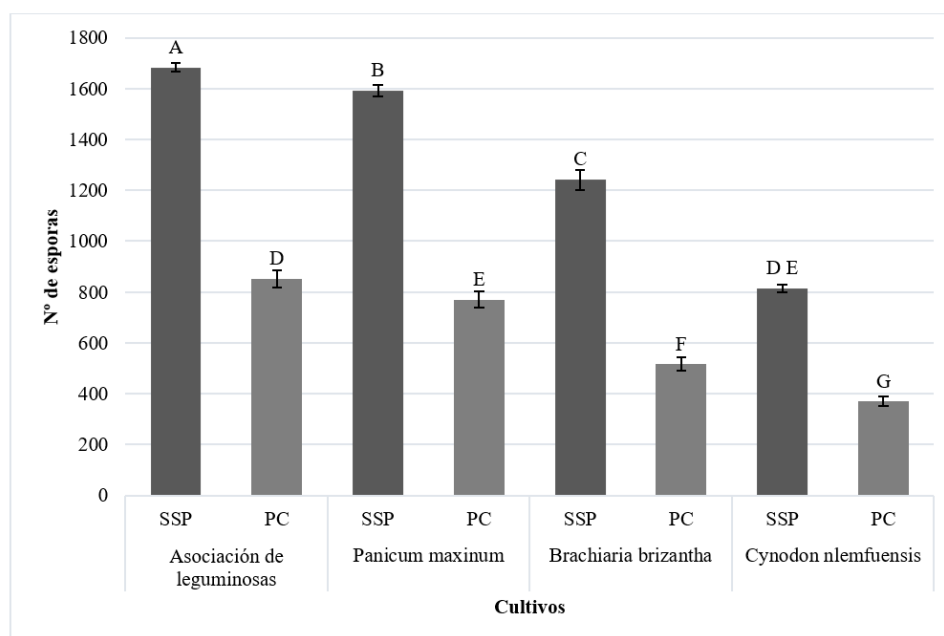


Figura 1. Comparación de medias del número de esporas por cultivos y sistemas de pastoreo continuo (SSP-PC)
 Letras diferentes indican valores estadísticamente diferentes a $P < 0.05$; y las barras representan la desviación estándar.

Diversidad morfológica de HMAs

Se aislaron e identificaron 19 morfotipos en los cultivos del sistema silvopastoril y 7 morfotipos en el pastoreo continuo (Ver Figura 3 y 4). El mayor porcentaje de los géneros encontrados pertenecen a tipologías de HMAs análogos a morfotipos glomoides.

La mayor diversidad de especies de esporas de HMAs fueron encontradas en los suelos de los cultivos del sistema silvopastoril (ver Figura 2) evidenciando diferencias estadísticas significativas respecto a la diversidad en los cultivos del pastoreo continuo. Al respecto (Eom *et al.*, 2001), indican que el sistema de pastoreo intensivo o continuo contribuye a crear condiciones desfavorables que influyen negativamente en la diversidad de un gran número de esporas de HMAs.

Resultados diferentes fueron reportados para el cultivo (*Panicum maximum*) por (Pérez *et al.*, 2016) en la colonización de HMAs de tres variedades de pastos en fincas ganaderas, evidenciando mayor afinidad de los HMAs en el pasto (*Brachiaria brizantha*) y menor afinidad de HMAs en pastos de (*Panicum maximum*). Sin embargo, estos estudios evalúan la colonización y no la diversidad de HMAs en los cultivos en el campo.

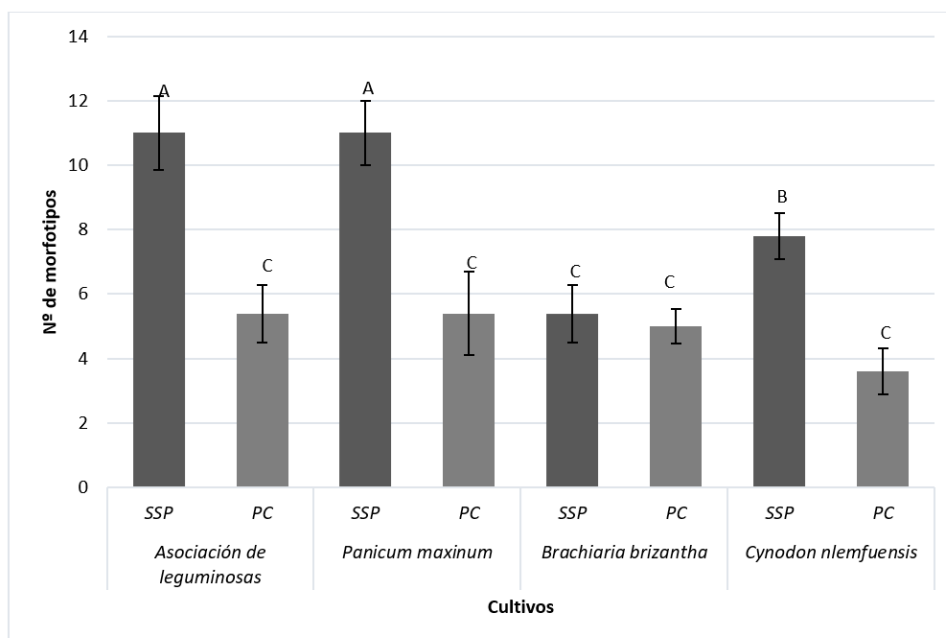


Figura 2. Comparación de medias del número de morfotipos por cultivos y sistemas de pastoreo (SSP-PC) Letras diferentes indican valores estadísticamente diferentes a $P < 0.05$; y las barras representan la desviación estándar

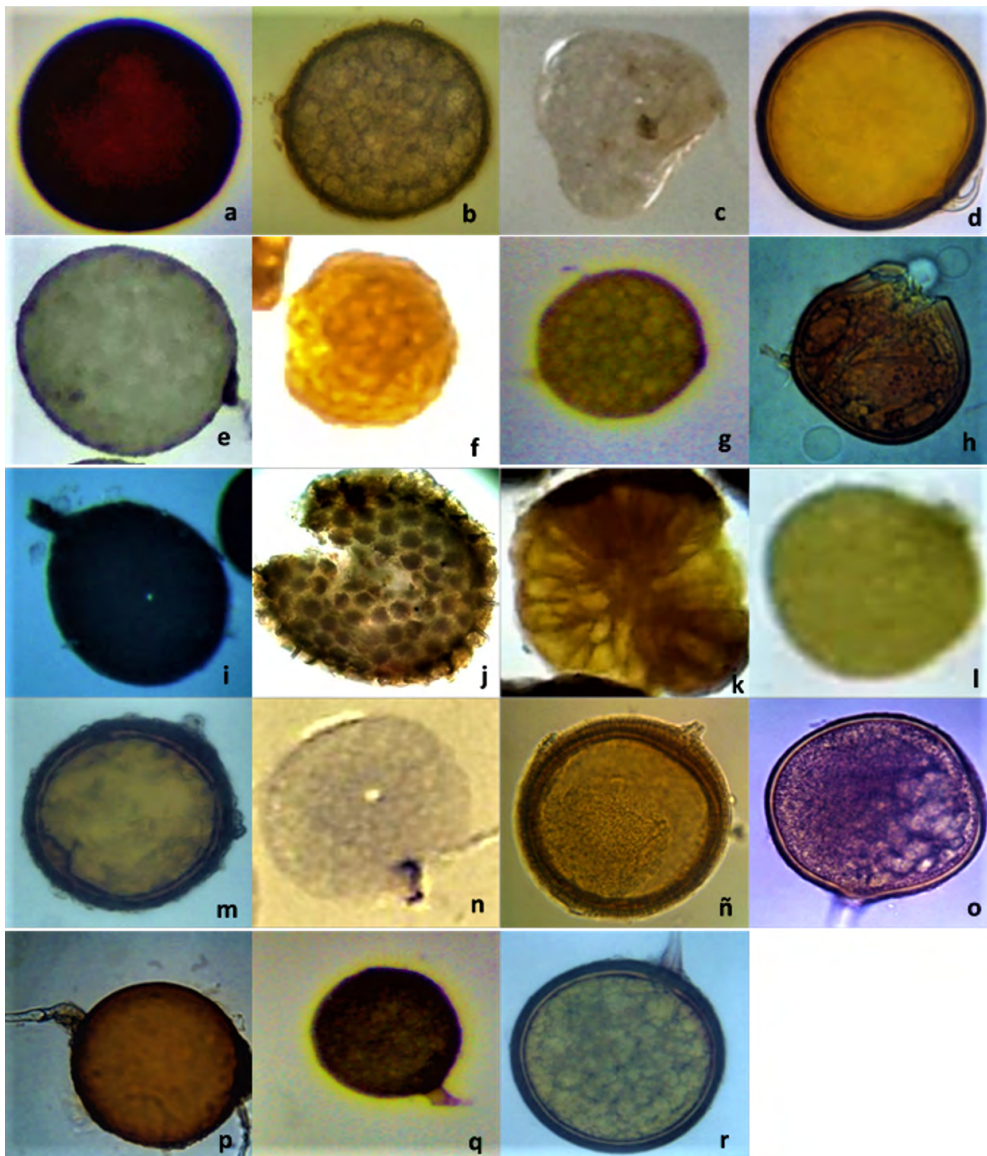


Figura 3. Especies y morfoespecies de hongos micorrízicos arbusculares del sistema silvopastoril, en la Finca San Pascacio de la ciudad de Chone- Ecuador

- a) *Septogloium constrictum*, 100 μm ; b) *Glomus clarum*, 140 μm ; c) *Scutellospora calospora*, 200 μm ; d) *Claroideogloium claroideum*, 110 μm ; e) *Gigaspora margarita*, 320 μm ; f) *Sclerocystis synuosum*, 300 μm ; g) *Glomus versiforme*, 100 μm ; h) *Glomus sp.* 80 μm ; i) *Scutellospora nigra*, 120 μm ; j) *Acaulospora reducta*, 150 μm ; k) *Sclerocystis pakistanica*, 320 μm ; l) *Claroideogloium etunicatum*, 140 μm ; m) *Septogloium constrictum*, 150 μm ; n) *Gigaspora decipiens*, 358 μm ; ñ) *Glomus macrocarpum*, 60 μm ; o) *Acaulospora baetica*, 170 μm ; p) *Glomus deserticola*, 100 μm ; q) *Funneliformis geosporum*, 130 μm ; r) *Septogloium viscosum*, 90 μm .

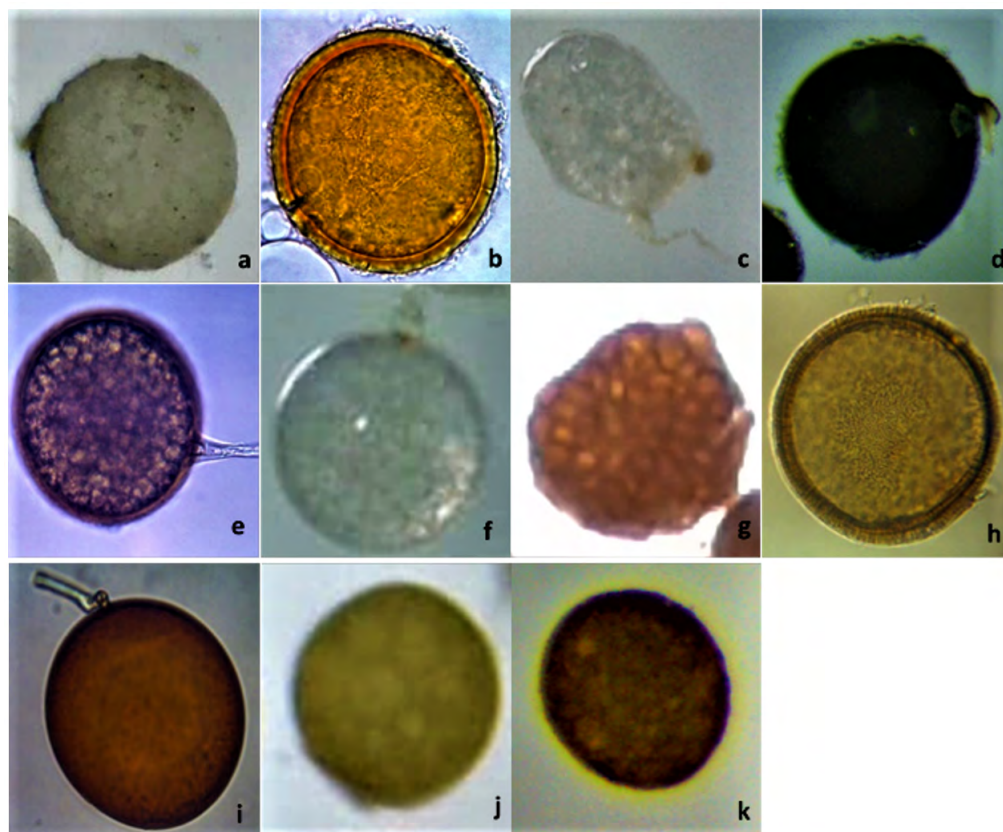


Figura 4. Especies y morfoespecies de hongos micorrízicos arbusculares del sistema de pastoreo intensivo, en la Finca La Florida de la ciudad de Chone- Ecuador

a) *Gigaspora margarita*, 310 μm ; b) *Claroideoglomerus claroideum*, 100 μm ; c) *Scutellospora calospora*, 180 μm ; d) *Scutellospora nigra*, 130 μm ; e) *Acaulospora baetica*, 160 μm ; f) *Gigaspora decipiens*, 310 μm ; g) *Sclerocystis synuosum*, 290 μm ; h) *Glomus macrocarpum*, 80 μm ; i) *Glomus deserticola*, 90 μm ; j) *Claroideoglomerus etunicatum*, 150 μm ; k) *Funneliformis geosporum*, 120 μm .

En relación con los cuatro tipos de suelos evaluados se observó mayor diversidad en los suelos de los cultivos de asociación de leguminosas rastreras y en (*Panicum maximum*) con la mejor categoría estadística seguido de (*Cynodon nlemfuensis*), es importante denotar que la diversidad en el cultivo (*Brachiaria brizantha*) ocupó la misma categoría estadística tanto en el sistema silvopastoril como en el pastoreo continuo (ver Figura 2). Al respecto Ochoa *et al.* (2010) indican que los HMAs pueden estimular el crecimiento de leguminosas a través de una mejor adquisición de nutrientes. Trabajos realizados por Lok *et al.* (2013) demostraron que las combinaciones de leguminosas rastreras contribuyen en el almacenamiento de carbono (C) en el suelo.

CONCLUSIONES

El manejo de ganadería con la inclusión de especies vegetales tiene mejores resultados en las características físicas y químicas en el suelo en relación al pastoreo continuo, particularmente en el contenido de P, elemento esencial para el desarrollo de las plantas tanto que es uno de los tres principales nutrientes minerales usados en la agricultura.

La densidad y diversidad de morfotipos de esporas de HMAs identificadas fue significativamente mayor en el sistema silvopastoril, probablemente debido a que este sistema contiene gran diversidad de especies vegetales que influyen positivamente en el número y morfotipos de esporas. Además, el tipo de pasto también influye significativamente en la densidad y diversidad de morfotipos, siendo superiores estadísticamente la asociación de leguminosas y saboya (*Panicum maximum*).

Los morfotipos glomoides tuvieron mayor presencia en los diferentes cultivos tanto en los sistemas silvopastoriles como en el pastoreo continuo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boaretto, A., y Neptune, A. (1981). Influencia do pastejo intensivo de bovinos sobre a fertilidade de um latosol vermelho-escuro-fase arenosa. 2. Materia organica, capacidade de troca cationica, pH, hidrogenio e aluminio. *Científica*, 2, 221-225. <https://pascalfrancis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=9315448>
- Bouyoucos, G. J. (1936). Directions for making mechanical analyses of soils by the hydrometer method. *Soil Science*, 42(3), 225-230.
- Bremner, J. M., & Mulvaney, C. S. (1982). Total nitrogen in: Page, AL, RH Miller, and DR Keeney (Eds). *Methods of Soil Analysis. Part 2.* Amer. Soc. Agron. Madison, 595-624.
- Clark, R. B., Zeto, S. K., & Zobel, R. W. (1999). Arbuscular mycorrhizal fungal isolate effectiveness on growth and root colonization of *Panicum virgatum* in acidic soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(13), 1757-1763. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00084-X](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00084-X)
- Dodd, J. C. (2000). The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agro and natural ecosystems. *Outlook on Agriculture*, 29(1), 55-62. <https://doi.org/10.5367/0000000000101293059>
- Eom, A. H., Wilson, G. W., & Hartnett, D. C. (2001). Effects of ungulate grazers on arbuscular mycorrhizal symbiosis and fungal community structure in tallgrass prairie. *Mycologia*, 93(2), 233-242. <https://doi.org/10.1080/00275514.2001.12063153>
- Flores, G. C., González, P. J., Arzola, J., y Morgan, O. (2010). Efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares nativos y una especie seleccionada en los pastos *Brachiaria decumbens* vc. *Basilisk* y *Panicum maximum* vc. *Mombaza*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 44(3), 307-313.
- Giovannetti M., & Avio L. (2002). Biotechnology of Arbuscular Mycorrhizas. In: *Applied Mycology and Biotechnology. Vol 2: Agriculture and Food Production*, Khachatourians G.G. and Arora D.K. (Eds), Elsevier Science BV, 275-310. [https://doi.org/10.1016/S1874-5334\(02\)80014-4](https://doi.org/10.1016/S1874-5334(02)80014-4)
- Giovannetti, M., & Gianinazzi-Pearson, V. (1994). Biodiversity in arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research*, 98(7), 705-715. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)81041-1](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)81041-1)
- Kanno, T., Saito, M., Ando, Y., Macedo, M. C. M., Nakamura, T., & Miranda, C. H. B. (2006). Importance of indigenous arbuscular mycorrhiza for growth and phosphorus uptake in tropical forage grasses growing on an acid, infertile soil from the Brazilian savannas. *ALICE*. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/326215>
- León, R., Bonifaz, N., y Gutiérrez, F. (2018). Pastos y forrajes del Ecuador Siembra y producción de pasturas. Universidad Abya-Yala. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19019>
- Lok, S., Fraga, S., Noda, A., y García, M. (2013). Almacenamiento de carbono en el suelo de tres sistemas ganaderos tropicales en explotación con ganado vacuno. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47 (1), 75-82. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193028545014>
- Lozano Sánchez, J. D., Armbrrecht, I., y Montoya Lerma, J. (2015). Hongos formadores de micorrizas arbusculares y su efecto sobre la estructura de los suelos en fincas con manejos agroecológicos e intensivos. *Acta Agronómica*, 64(4), 289-296. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n4.46045>
- Morocho, M., y Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103. <http://cagricola.uclv.edu.cu/>
- Moron-Morón, L. M. (2009). Ventajas y desventajas de los sistemas de pastoreo y confinamiento en la producción de carne en raza cebú en el departamento del Cesar. https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria/304

- Nelson, D.W., & Sommer, L.E. (1982). Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition. ASA-SSSA, Madison*, 595-579. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c29>
- Ochoa, M. S., Pedraza, R. M., Martínez, M., y Abud, Y. (2010). Plantas, hongos micorrízicos y bacterias: su compleja red de interacciones. *Biológicas*, 12(1), 65-71.
- Olsen, S. R., & Sommers, L. E. (1982). Phosphorus Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. *Agronomy Monographs*, 9 (2).
- Pérez, A., Cury, K., y Oviedo, L. (2016). Colonización de micorrizas arbusculares en tres especies de pasturas del departamento de Sucre. *Temas agrarios*, 21(2), 65-75. <https://doi.org/10.21897/rta.v21i2.902>
- Restrepo-Giraldo, K. J., Montoya Correa, M. I., Henao Jaramillo, P., Gutiérrez, L. A., y Molina Guzmán, L. P. (2019). Caracterización de hongos micorrízicos arbusculares de suelos ganaderos del trópico alto y trópico bajo en Antioquia. *Idesia (Arica)*, 37(1), 35-44. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000301>
- Safir, G. R. (1982). Evaluation of plant response to colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi B. Environmental Variables. *Methods and principles of mycorrhizal research*, 77-80.
- Saif, S. R. (1987). Growth responses of tropical forage plant species to vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Plant and Soil*, 97(1), 25-35. <https://doi.org/10.1007/BF02149820>
- Skoog, D. A., Holler, F. J., y Nieman, T. A. (2001). *Principios de Análisis Instrumental (5^a ed)*: Mc Graw Hill.
- Smith S.E., & Read D.J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. London: Academic Press. <https://hdl.handle.net/2440/50018>
- Solórzano-Zambrano, L., Bonilla-Loor, M. y Sornoza-Zambrano, W. (2019). Hongos micorrízicos arbusculares asociados a pastos. Babahoyo, Ecuador: Centro de Investigación y Desarrollo Profesional. <https://isbn.cloud/9789942792860/hongos-micorrizicos-arbusculares-asociados-a-pastos/>
- Sotelo M., Suárez Salazar JC., Álvarez Carrillo F., Castro Núñez A., Calderón Soto VH., y Arango J. (2017). Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico - Sistemas silvopastoriles: ¿una opción viable?. *CIAT*. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/89088>
- Walker, J. E., Saraste, M., Runswick, M. J., & Gay, N. J. (1982). *Distantly related sequences in the alpha- and beta-subunits of ATP synthase, myosin, kinases and other ATP-requiring enzymes and a common nucleotide binding fold. The EMBO Journal*, 1(8), 945-951. <https://doi.org/10.1002/j.1460-2075.1982.tb01276.x>
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.