

Colonización de micorrizas arbusculares en tres especies de pasturas del departamento de Sucre

Colonization of arbuscular mycorrhizas fungi in three species of pastures of the department of Sucre

Alexander F. Pérez^{1*}, Katia I. Cury², Luis E. Oviedo³

Recibido para publicación: Junio 21 de 2016 - Aceptado para publicación: Octubre 13 de 2016

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo durante el segundo semestre de 2015 en fincas ganaderas de cinco localidades del departamento de Sucre, establecidas con pastos colosuana (*Bothriichloa pertusa* (L) A. Camus), angletón (*Dichanthium aristatum*, Benth) y mombaza (*Panicum maximum* Jacq), con el objetivo de evaluar la colonización de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) en raíces de estas pasturas. El muestreo se realizó aleatoriamente en cada finca ganadera, recolectando muestra de suelos y raíces, determinándose el porcentaje de infección mediante técnica de coloración de raíces por HMA. Los resultados muestran que los porcentajes de colonización fueron de 52,73% entre el pasto colosoana y 50,46% para angletón, siendo estadísticamente similares; mientras que el pasto mombaza tuvo menor colonización 40,92%. El mayor valor de colonización de HMA por localidad correspondieron a Chapinero 70,06% y los menores para Cantagallo 37,06% y el Mamón 32,7%. El presente estudio confirmó la presencia de HMA en tres especies de pasturas de interés económico para las explotaciones ganaderas del departamento de Sucre. Así mismo, la colonización de HMA de raíces en el presente trabajo dependió del tipo de pastura y la localidad.

Palabras claves: Fincas ganaderas, pasturas, raíces, hongos micorrizicos.

ABSTRACT

The present study was conducted during the second semester of 2015 in livestock farms of five locations of the Department of Sucre, established with pastures colosuana (*Bothriichloa pertusa* (L) to. Camus), angleton (*Dichanthium aristatum*, Benth) and mombaza (*Panicum maximum* Jacq), with the objective of evaluate colonization of mycorrhizal arbuscular fungi (AMF) in roots of these pastures. Sampling was done randomly in each livestock farm, gathering at the same time samples of soil and roots, which were used for the determination of the infection percentage using technique of staining of roots by AMF. Results show that the infection percentages were 52,73% in the colosoana pasture and 50,46% for angleton, being statistically similar; while mombasa grass had less colonization 40,92%. The highest value of AMF colonization corresponded by locality to Chapinero 70,06% and minors for Cantagallo 37.06% and Mamon 32.7%. The present study confirmed the presence of AMF in three species of pastures of economic interest for livestock farming in the Department of Sucre. Likewise, the colonization of' roots AMF depended on the type of pasture and the locality.

Key words: livestock, pasture, rice, mycohrizal fungi.

^{1*} Ph.D. docente Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia. Dirección: Cra 28 # 5-267 Barrio Puerta Roja - Telefono: (+57) (5) 2821240. Sincelejo (Sucre), email: alexpcor@yahoo.com.

² M.Sc. docente Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia. katiacury@hotmail.com

³ M.Sc. docente Universidad de Córdoba, Montería, Colombia. Dirección: Carrera 6 No. 76-103, Montería-Cordoba, Colombia. luisoviedo59@gmail.com.

INTRODUCCIÓN

El 92% de las empresas ganaderas Colombianas fundamentan la producción de carne en el uso de pasturas compuestas por gramíneas y leguminosas. Existen diversas especies de pasturas constituidas por gramíneas de alto potencial productivo como *Panicum maximum*, *Dichanthium aristatum*, *Brachiarias* y algunas especies naturalizadas como *Bothriochloa pertusa*. Esta última especie ha colonizado de forma rápida diferentes suelos ganaderas, desplazando otras especies cultivadas como lo confirma Piñeros et al. (2011). La principal actividad económica del Departamento de Sucre es la ganadería doble propósito, en el cual el 84,9% de su territorio está dedicado exclusivamente al pastoreo de ganado donde la fuente exclusiva de alimento animal la constituye las leguminosas nativas y las gramíneas. La alimentación en los sistemas de producción ganadera en la región Caribe colombiana, depende de un bajo número de especies forrajeras, siendo el pasto colosoana (*Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus) y angletón (*Dichanthium aristatum*, Benth) las especies predominantes en el departamento (Aguilera 2005). Otra especie de importancia es el pasto mombaza (*Panicum maximum* Jacq), el cual ha sido mejorado y con adaptabilidad a suelos con buena fertilización, sin encharcamientos, creciendo a alturas que van desde el nivel del mar hasta los 2.000 m.s.n.m. y en regiones con más de 800 mm de lluvias Según Suarez et al. (2011).

Los suelos de las fincas ganaderas en el departamento de Sucre ha venido sufriendo deterioro en los ultimo 10 años, debido a los factores fisiográficos, las acciones antropogénicas degenerativas del medio ambiente y el empleo de tecnologías inadecuadas, han dado lugar a la degradación de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que limita la oferta y calidad de pastos y forrajes principalmente en temporada seca (Pérez et al. 2011).

Sin embargo, la actividad microbiana en la rizósfera es en parte la responsable del funcionamiento de los ecosistemas terrestres y de la fertilidad de los suelos agrícolas. Entre los microorganismos benéficos de importancia en la rizósfera, se encuentran los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA), los cuales contribuyen con el desarrollo y la nutrición de la planta, como también en el incremento de la tolerancia de los cultivos contra condiciones de estrés de tipo biótico o abiótico. El usos de estos recursos biológicos, así como los indicadores de físico-químico del suelo y los climático contribuyen a optimizar la calidad y la salud del suelo, suministrar el aporte de nutrientes e incrementar los rendimientos (Barrer 2009).

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA), forma económica y ecológicamente son simbiosis con una diversidad de especies de plantas, estos hongos se ubican en el filo Glomeromycota (Shübler et al. 2001) facilitan a la planta la toma de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo, evitan la acción de microorganismo patógenos en la raíz, aumentan la tolerancia de la planta a condiciones de stress abiótico en el suelo, entre otros (Barrer 2009). diversos estudios demuestran que estos hongos se asocian con más del 95% de las plantas terrestres (Miransar et al. 2009; Strullu-Derrien y Strullu 2007; Pérez et al. 2001), formando estructuras como los arbusculos, vesículas (en algunas especies) e hifas, dentro de las células corticales de las plantas que colonizan (Douds y Millner 1999). Estos hongos son poco conocidos, pero de gran importancia para los ecosistemas terrestres, debido a que recibe carbohidratos de la planta ya que él es incapaz de realizar fotosíntesis y, a cambio, brinda a la planta varios beneficios reflejados en su crecimiento (Jaramillo 2011).

Se ha demostrado que estos hongos cuando se asocian con distintas especies de gramíneas favorece la absorción, translocación y transferencia de los nutrientes y agua por la

planta y que el principal nutriente implicado es el fósforo. Dichos hongos estimulan el crecimiento, desarrollo y nutrición de las plantas, especialmente en suelos de baja y moderada fertilidad. También se ha sido comprobado que las HMA mejoran la producción, la calidad nutricional e incrementan la tolerancia de las especies de pastos al pisoteo, debido al suministro de nutrientes hacia la planta, los cuales estimulan al rebrote continuo y a la recuperación rápida después de la desfoliación hecha por los animales herbívoros (Ahn-Heum et al. 2001).

Estudios llevados a cabo por el Ciat (1985) sobre el establecimiento de las HMA en 24 especies de pastos forrajeros tropicales, concluyen que *Brachiaria decumbens* y *B. brizantha* son las especies más dependientes, mientras que *Panicum maximum* es la menos dependiente; todo lo anterior indica que los forrajes de la familia gramíneas son igual o más dependientes de las HMA que las especies de pasturas leguminosas cuando crecen en suelos de baja fertilidad. Los HMA forman una extensa red de micelio en el suelo que proporcionan múltiples ventajas tales como: el mayor transporte de agua y nutrientes (especialmente P, Cu y Zn entre otros); protección en condiciones de estrés, debido a problemas de salinidad, sequía, acidéz, elementos tóxicos o patógenos que atacan a la raíz (Jeffries et al. 2003). Se ha demostrado que en condiciones naturales, las plantas establecen este tipo de asociación (Kapoor et al. 2008) y a pesar que aparentemente no existe especificidad taxonómica, trabajos llevados a cabo mediante técnicas moleculares indican que las plantas son colonizadas preferentemente por ciertas especies de HMA basadas en sus efectos diferenciales sobre el crecimiento vegetal. Sin embargo, son escasos los estudios en la región sobre el establecimiento de estos hongos con especies de pasturas de interés nutricional en el departamento de Sucre y los que existen son poco concluyentes sobre el beneficios de estos

hongos en la productividad de estos cultivos. Con el objetivo de contribuir en el conocimiento de los HMA asociados a raíces de pastura, se planteo la realización del presente estudio con el objetivo de evaluar la colonización de HMA en tres especies de pasturas de importancia para la nutrición animal en el departamento de Sucre, de tal manera que los resultados contribuyan al conocimiento de este tipo de y su potencial uso a futuro alternativas de como biofertilizantes en cultivos de importancia económica para la ganadería en esta región del Caribe Colombiano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. Se realizó en el municipio de Corozal-Sucre (Colombia), ubicado en la región fisiográfica de Sabanas que constituye el declive general de los montes de María hacia la depresión del bajo Cauca y San Jorge; a los 9° 19' 22" de Latitud Norte y 78° 18' 25" Este; con temperatura promedio anual de 28°C, pluviosidad de 1105 mm anuales y humedad relativa del 80%, a una altura entre 174 a 200 msnm. Según Holdridge (1987), la clasificación fitoclimática del municipio de Corozal es Bosque seco- Tropical (bs-T); no obstante siguiendo los lineamientos de Hernandez y Sanchez (1992), se trataría de un zonobioma tropical alternohigrico.

Recolección de muestras. Se seleccionaron al azar 100 fincas ganaderas distribuidas en cinco localidades del municipio de Corozal (Sucre) con las pasturas predominantes de colosoana, angletón y mombaza. En cada finca ganadera se realizó un muestreo aleatorio. Un tubo plástico de PVC de 3,8 cm de diámetro y 25 cm de longitud, fue usado para tomar las muestras a una profundidad entre 0-20 cm, introduciendo, rotando y extrayendo el cilindro con la muestra (suelo y raíces). En cada finca se tomaron entre 15-20 muestras, estas se homogenizaron por finca para conformar una con un peso de 1000 gramos. Las muestras

fueron identificadas y almacenadas para el transporte al Laboratorio de Investigaciones Microbiológicas de la Universidad de Sucre y procesadas dentro de las 24 horas después de colectadas. De cada planta se separaron las raíces para la determinación del porcentaje de colonización de HMA.

Determinación del porcentaje de colonización de HMA. Para la determinación del porcentaje de colonización, se tomó raíces de 1cm de longitud, se depositaban en frascos previamente esterilizados, posteriormente se adicionó solución KOH al 10%, por 24 horas, después de este tiempo las muestras, se lavaron tres veces con agua estéril, para eliminar exceso de reactivo, se adicionó HCl al 1% durante 30 minutos, se lavaron las raíces con agua estéril y por último se agregó azul de tripán a 0,1% en Lactofenol (Philips y Hayman, 1970). Las raíces coloreadas fueron colocadas sobre portaobjetos cubiertas con laminillas, para su observación con objetivo 40X. en cada conteo se observó y se contó el tipo de estructura colonizante como: arbusculos, vesículas, hifas y esporas (campos positivos). El porcentaje de colonización se realizó de la siguiente manera: número de campos positivos x 100 / número total de campos observados (positivos y/o negativos) (Pérez y Vertel 2010).

Análisis estadístico. Se utilizó un diseño completamente al azar empleando localidades

y tipo de pastura como tratamientos. Los datos obtenidos para todas las variables cuantificadas se sometieron a la prueba de Shapiro-Wilk para verificar su normalidad y el test de Bartlett para verificar la homogeneidad de varianzas. Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de tratamientos Tukey al nivel del 5% de significancia para verificar el efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de colonización en raíces de HMA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza multifactorial entre colonización de HMA, especie de pasto y localidad establecen diferencia significativa entre colonización de HMA, especie de pasto y localidad (Tabla 1). La prueba multiple de rangos entre colonización de HMA y especie de pasto señalan diferencia significativa (Figura 1). Se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza para el porcentaje de colonización para la prueba de Shapiro-Wilk; *p-value* = 0,170322 para la prueba de Bartlett). Los resultados de la prueba de Tukey muestran que los porcentajes de colonización entre el pasto colosoana (52,73%) y angetón (50,46%), son estadísticamente similares con valores promedios mayores para porcentaje de colonización, mientras que el pasto mombaza muestra los valores promedios menores de colonización (40,92%).

Tabla 1. Analisis de prueba multiple de rango entre colonización de HMA en función a especies de pasto (SP) y localidad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS					
PRINCIPALES					
A:Localidad	30216,9	4	7554,220	66,35	0,0000*
B:SP	4243,2	2	2121,600	18,63	0,0000*
RESIDUOS	17648,5	155	113,861		
TOTAL	52108,6	161			
(CORREGIDO)					

*Diferencia significativa con un nivel de confianza de 95,0%

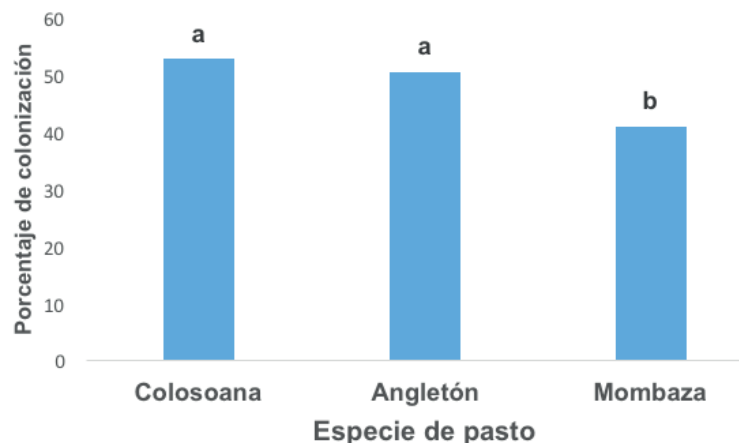


Figura 1. Prueba de Tukey para porcentajes promedios de colonización de hongos formadores de micorrizas arbusculares en función a especie de pasturas. Letras iguales no hay diferencias significativas a $p < 0,05$.

Trabajos realizados por Pérez et al. (2012), sobre colonización de HMA en pasto colosoana y angletón en el municipio de Corozal, encontraron que para colosoana se encontraron porcentajes promedios de colonización de 45,76%, mientras que para angletón se encontraron valores promedios de 48,27%. Con relación al presente estudio se encontraron promedio mayores de colonización para estas dos especies de pasto (Figura 1). De otra parte, son escasos y poco concluyentes los trabajos sobre colonización de micorrizas arbusculares en pasto mombaza en el departamento de Sucre, los resultados obtenidos en el presente estudio indican que esta especie de pasto es colonizada por HMA, con valores promedios menores de colonización con respecto a las especies de colosoana y angletón. Sin embargo, Kanno et al. (2006) en trabajo sobre la importancia de micorrizas arbusculares nativas para el crecimiento y la toma de fósforo en pasturas tropical creciendo en suelo ácido e infértiles de sabanas Brasileñas, encontraron menor cantidad de estructuras micorrízicas en pasto mombaza, con respecto a otras especies de pastos pertenecientes al género *Brachiaria*.

De acuerdo a lo planteado por Smith y Read (1997) aparentemente, las especies de HMA no

tienen especificidad en la elección de sus hospederos. Sin embargo, diferencias en los efectos que las especies de HMA causan sobre el crecimiento de los individuos de especies vegetales, indican que éstas responden a especies específicas de HMA (Van Der Heijden 1998; Van Der Heijden et al. 1998) y consecuentemente, hay un aumento en la diversidad y productividad de las plantas en un ecosistema determinado (Van Der Heijden 1998).

Según trabajo realizados por Pérez y Vertel (2010), sobre evaluación de la colonización de HMA en pasto colosoana en fincas ganaderas del departamento de Sucre, concluyeron mediante los resultados del análisis de componentes principales demostró, que la probabilidad de ocurrencia de una alta colonización de HMA en raíces de esta pastura, en las fincas ganaderas analizadas cuando están presentes valores bajos a moderados de fósforo, sodio y nitrógeno y valores de pH moderadamente alcalinos. Con respecto al pasto angletón, en estudio sobre variables físico - químicas del suelo y su relación con la colonización de micorrizas arbusculares en raíces del pasto angletón (*Dichanthium aristatum* Benth) en fincas ganaderas del departamento de Sucre, Pérez y De la Ossa (2013), determinaron que

las estructuras colonizantes tipo hifas en raíces predominan en aquellos suelos de las fincas ganaderas que presentaron texturas franco arenoso; abundancia de esporas intracelular en suelos franco arcillosos, la presencia de arbusculos y vesículas en suelos arcilloso-arenoso y finalmente arbusculos y esporas intracelulares en las texturas arcillosa.

Crespo et al. (2010), en estudio sobre el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares nativos en los pastos *Brachiaria decumbens* vc. Basilisk y *Panicum maximun* vc. Mombaza, quienes evaluaron el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) nativos y de una especie de HMA seleccionada (*Glomus hoi-like*) en las estructuras micorrízicas, los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio la biomasa de las plantas, el crecimiento y rendimiento de masa seca (MS) en estas dos especies de pastura, encontraron que los mayores indicadores obtenidos fueron para la especie de pasto *B. decumbens*, con respecto a pasto mombaza, el anterior resultado pudo deberse a la menor dependencia de las micorrizas arbusculares con esta pastura, con respecto a otras del género *Brachiaria*, lo cual fue comprobado por Kanno et al. (2006), en trabajo arriba mencionado.

Otros estudios señalan que diversos factores bióticos y abióticos afectan la composición de las comunidades de HMA. Existen compuestos que permiten el reconocimiento planta-hongo y estimulan la germinación de esporas y crecimiento y ramificación de las hifas, incluyendo flavonoides (Vierheilig y Piché 2002), strigolactona (Akiyama et al. 2005) y auxinas los cuales son exudados por las raíces de las plantas (Gianinazzi-Pearson et al. 1989; Akiyama et al. 2005), y pueden de alguna manera controlar la preferencia planta-hongo (Horan y Chilvers 1990). Otros factores que pueden afectar positiva o negativamente la estructura y diversidad de comunidades de HMA son las poblaciones de otros microorganismos de suelo (Garbaye 1994), las prácticas agrícolas como la tala de bosques, fuego, fertilización y labranza (Jansa et al. 2003) y en forma indirecta el microclima y la topografía que afectan a las comunidades de plantas y por tanto afectan a las comunidades de HMA (Kernaghan 2005).

En la figura 2, muestran el análisis de la prueba múltiple de rango realizada entre el porcentaje de colonización y localidad. Los resultados de la prueba de Tukey, señala que existen diferencias altamente significativas entre las localidades, encontrándose valores

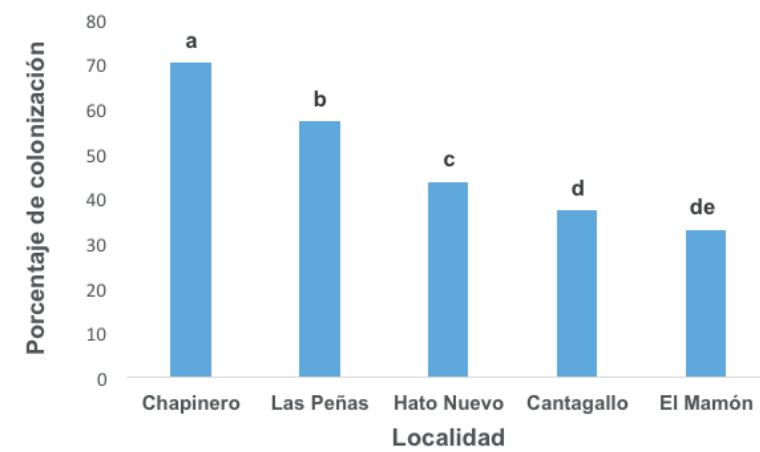


Figura 2. Prueba múltiple de Tukey para porcentajes promedios de colonización de hongos formadores de micorrizas arbusculares en función a localidad. Letras iguales no hay diferencias significativas a $p < 0,05$.

de colonización promedios mayores para la localidad de Chapinero (70,06%) y menores para las localidades de Cantagallo (37,06%) y el Mamón (32,7%). De acuerdo a Sieverding (1986), los HMA tienen distribución amplia, se encuentran en todos los ecosistemas y suelos, puede ser muy heterogénea en un mismo sitio en cuanto a variedad y cantidad, lo que es un requisito importante para que la planta obtenga el máximo beneficio de la asociación.

Las evidencias demuestran que las HMA colonizan el tejido intraradical de la planta hospedera, donde desarrollan estructuras características de la simbiosis (arbuscúlos y vesículas), así como micelio extraradical, el cuál interactúa con el ecosistema de la rizósfera y es el encargado de la absorción de nutrientes del suelo (Smith y Read 2008). En el presente estudio se encontraron diferentes patrones de colonización de HMA en las tres especies de pasturas analizadas.

En la figura 3, se observan los diferentes patrones de colonización de HMA encontradas en raíces de las tres especies de pasturas analizadas. Un total de 1642 estructuras colonizantes fueron encontradas, presentándose diferencias significativas entre las pasturas, reportándose los mayores valores (789) para pasto colosoana, seguida de pasto angletón (561) y los menores valores (292) para pasto mombaza.

Las principales estructuras de colonización encontradas correspondieron hifas extraradical, seguida de hifas intraradical, hifas extraradical más esporas, esporas intraradical, vesículas y menor presencia de arbuscúlos. La menor presencia de estructuras colonizantes tipo arbuscúlos observados en el presente estudio posiblemente puede deberse a como lo sostiene Harley y Smith (2008), que la vida media de un arbuscúlo en actividad es muy corta y varía entre dos y quince días, al cabo de los cuales se colapsa y permanece rodeado por el plasmalema de la célula vegetal, siendo encapsulado por material depositado en la zona interfacial proveniente presumiblemente del hospedero.

Los resultados reportados en la figura 3, muestran diferentes patrones de colonización de HMA en las tres especies de pasto analizadas, siendo las estructuras de mayor presencia de hifas (intra-radical y extra-radical) y en menor proporción las vesículas. Comparando estos resultados con los obtenidos por Tao y Zhiwey (2005), sobre colonización de HMA en varias especies vegetales, encontraron mayores patrones de colonización de micelios, cordones hifas, vesícula y arbuscúlos en células corticales de raíces en las especies de plantas *Bothriochloa pertusa*, *Acacia farnesiana*, *Breynia fruticosa*, *Cyanotis cristata*, *Vitex negundo*, *Sida acuta*, *Polyalthia cerasoides*, *Boea hygrometrica*.

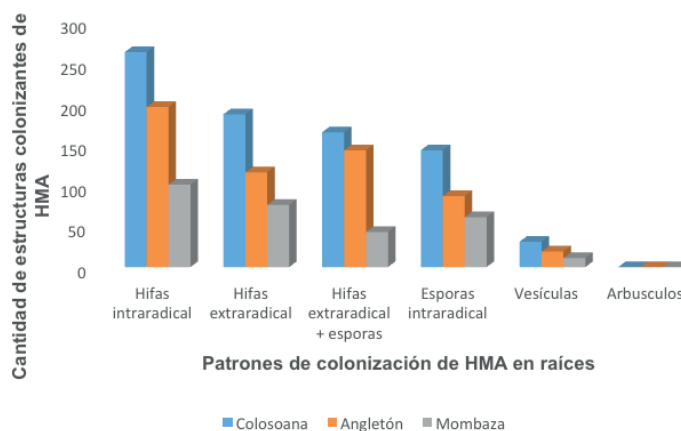


Figura 3. Tipo de estructuras colonizantes observadas de HMA en raíces de pasto colosoana y angletón de diferentes fincas ganaderas del municipio de Corozal, departamento de Sucre, Colombia.

La relación HMA-planta no es considerada específica, debido a que cualquier especie de HMA puede colonizar o formar simbiosis con cualquier planta (Rodríguez et al. 2004; Posada 2001), ya que se encuentran en todo tipo de suelos prácticamente (Molina et al. 2005). No obstante, bajo ciertas condiciones edafoclimáticas, algunos hongos pueden beneficiar mejor o en mayor grado un determinado hospedero (Posada 2001). Las condiciones del suelo como el pH, la humedad del suelo y la disponibilidad de nutrientes influirán tanto en la colonización micorrizica como en el número de esporas (Khana 2006). Otro autores como Sanchez (1999), sostiene que el establecimiento (colonización) de los HMA bajo condiciones de campo están determinado por diversas condiciones tales como: factores físico-químicas del suelo (pH, contenido de fósforo, temperatura, aireación, textura y contenido de materia orgánica), condiciones climáticas (intensidad y duración de la luz, temperaturas, humedad, épocas de lluvias y épocas secas) y por las prácticas agronómicas (preparación del terreno, aplicación de pesticidas y prácticas culturales).

Existen estudios que indican efectos significativos de los HMA en la estructuración de comunidades vegetales en los ecosistemas terrestres (Ferrol et al. 2004; Landis et al. 2005). Particularmente en pastizales se ha encontrado que gramíneas características de estos sistemas presentan un grado importante de colonización por HMA y responden favorablemente a dicha asociación (Hartnett 2002). Otros estudios llevados a cabo por Gehring (2002), sostienen que el pastoreo tienen un efecto directo sobre el establecimiento y la colonización de HMA en especies de pasturas, encontrándose menores colonización en aquellas fincas ganaderas donde no existe rotación de potreros, mientras que en sitios con rotación de pastoreo se han observado moderadas a altas colonización por HMA (Pietikäinen et al. 2005; Kula et al. 2005; Wearn y Gange 2007). Lo anterior, indica que

las plantas con presencia de HMA poseen ventajas con respecto a las no micorrizadas (Da Silva y Cardoso 2007). Estos organismos, tienen importancia para en la agricultura, dado que sus estructuras como las hifas extra radical forman un vínculo entre la plantas y el suelo, suministrando a esta últimas nutrientes de poca movilidad como el elemento fósforo (Blancof y Salas 1997). Sin embargo, el manejo de estas asociaciones puede ser una alternativa efectiva para mejorar la productividad de los pastizales, pues los beneficios de los HMA en estos agroecosistemas están estrechamente relacionados con un mejor aprovechamiento de los nutrientes y el agua del suelo mediante complejas interacciones que se establecen entre las estructuras de estos microorganismos y las raíces de las plantas hospederas (Leigh et al. 2009).

CONCLUSIÓN

Se encontró presencia de HMA asociadas a raíces de tres especies de pasturas, siendo significativamente los mayores valores de colonización para las pasturas colosoana y angletón con respecto a mombaza. Estas pasturas constituyen alternativas de alimentación animal en las fincas ganaderas del departamento de Sucre, sin embargo, aun se cuenta con escasos estudios en la región que permitan establecer la importancia ecológica de esta simbiosis en la producción y sostenibilidad de estos ecosistemas, a pesar que diversos reportes han considerado a estos microorganismos de importancia debido a que facilitan la disponibilidad de nutrientes poco móviles en el suelo como el fósforo, siendo este último elemento deficiente en gran parte de los suelos del Caribe colombiano. Estos microorganismos deben ser considerados como parte de la diversidad biológica de los suelos y deben ser incluidos tanto en los inventarios como en los análisis de la biodiversidad a nivel de ecosistemas y agroecosistemas. La producción sostenible de pasturas en los trópicos es severamente limitada por la

fragilidad de los suelos, siendo propensos a diversas formas de degradación. Estos hongos constituyen un recurso biológico nativo, que pueden contribuir significativamente a la fertilidad de los suelos de las fincas ganaderas del departamento de Sucre.

REFERENCIAS

- Aguilera, M. 2005.** Economía Regional: La Economía del Departamento de Sucre: Ganadería y Sector Público. Banco de la República, Cartagena, p1-129.
- Akiyama, K., Matsuzaki, K. and Hayashi, H. 2005.** Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. *Revista Nature* 435: 824-827.
- Ahn-Heum, E., Gail, W. and Hartnett, D. 2001.** Effect of ungulate grazer on arbuscular mycorrhizal symbioses and fungal community structure in tall grass prairie. *Revista Mycología* 93 (2): 233 – 242.
- Barrer, S. 2009.** El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Revista Facultad Ciencias Agropecuarias* 7(1):123-133.
- Blancof, F. y Salas, E. 1997.** Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. *Revista Agronomía Costarricense* 21(1): 55-67.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1983.** Microbiología de suelos En: Programa de pastos tropicales, informe anual. Cali, Colombia,. p. 205-239; 1984, p. 153-175; p. 216-250.
- Crespo, F., González, P., 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 maximun* vc. Mombaza. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 44 (3): 307-313.
- Da Silva, J. y Cardoso, E. 2007.** Micorriza arbuscular em cupuaçu e pupunha cultivados em sistema agroforestal e em monocultivo na Amazônia Central. *Revista Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 41(5): 819-825.
- Douds, D., and Millner, P. 1999.** Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 74: 77- 93.
- Ferrol, N., Calvente, R., Cano, C., Barea, J. and Azcón-Aguilar, C. 2004.** Analysing arbuscular mycorrhizal fungal diversity in shrub associated resource islands from a desertification threatened semiarid Mediterranean ecosystem. *Revista Applied Soil Ecology* 25: 123–133.
- Gehring, C. and Whitham, T. 2002.** Mycorrhizae-herbivore interactions: population and community consequences. In: van der Heijden MG, Sanders I (Eds.). *Mycorrhizal ecology*. Berlín: Springer-Verlag. pp. 295–320.
- Garbaye, J. 1994.** Helper bacteria - a new dimension to the mycorrhizal symbiosis. *Revista New Phytol.* 128: 197-210.
- Gianinazzi-Pearson, V., Branzanti, B. and Gianinazzi, S. 1989.** In vitro enhancement of spore germination and early hyphal growth of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus by host root exudates and plant flavonoids. *Revista Symbiosis* 7:243-255.
- Harley, J. and Smith, S. E. 2008.** *Mycorrhizal Symbiosis*. third Edition, Academic Press Inc., London, UK, p. 800.
- Hartnett, D. and Wilson, G. 2002.** The role of mycorrhizas in plant community structure and dynamics: lessons from grasslands. *Revista Plant and Soil* 244: 319–331.
- Holdridge, L. 1987.** Ecología basada en zonas de vida. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura, San José, Costa Rica, p1-261.

- Horan, D. and Chilvers, G. 1990.** Chemotropism- the key to ectomycorrhizal formation?. *Revista New Phytol.* 116:297-301.
- Jansa, J., Mozafar, A., Kuhn, G., Anken, T., Ruh, R., Sanders, I. and Frossard, E. 2003.** Soil tillage affects the community structure of mycorrhizal fungi in maize roots. *Revista Ecological Applications* 13:1164-1176.
- Jaramillo, R. 2011.** La micorriza arbuscular (MA) centro de la rizósfera: comunidad microbiológica dinámica del suelo. *Revista Contactos* 81: 17–23.
- Jeffries, P., Gianinazzi, S., Perotto, S., Turnau, K. and Barea, J. 2003.** The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biol Fertil Soils* 37(1):1-16.
- Khana, M., Delowara, M., Solaiman, A. and Tofazzal, H. 2006.** Effect of edaphic factor on root colonization and spore population of arbuscular mycorrhizal fungi. *Bulletin Institute Tropical Agriculture*, 29: 97-104.
- Kanno, T., Saito, M., Ando, Y., Macedo, M.C. and Miranda, C. 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. *Trop. Grass.* 40:94.
- Kernaghan G. 2005.** Mycorrhizal diversity: Cause and effect?. *Revista Pedobiologia* 49: 511-520.
- Kapoor, R., Sharma, D. and Bhatnagar, A. 2008.** Arbuscular mycorrhizae in micropropagation systems and their potential applications. *Sci Hortic* 116:227-239.
- Kula, A., Hartnett, D. and Wilson G. 2005.** Effects of mycorrhizal symbiosis on tallgrass prairie plant-herbivore interactions. *Revista Ecology Letters* 8: 61– 69.
- Landis, F., Gargas, A. and Givnish, T. 2005.** The influence of arbuscular mycorrhizae and light on Wisconsin (USA) sand savanna understories: Plant community composition. *Revista Mycorrhiza* 15: 547–553.
- Leigh, J., Hodge, A. and Fitter, A. 2009.** Arbuscular mycorrhizal fungi can transfer substantial amounts of nitrogen to their host plant from organic material. *New Phyt.* 181:199.
- Molina, M. Maecha, L. y Medina, M. 2005.** Importancia del manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(2): 162-175.
- Perez, A., Rojas, J. y Montes, D. 2011.** Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el Caribe Colombiano. *Revista Colombiana de ciencias Animal* 3(2): 366-385.
- Pérez, A. y Vertel, M. 2010.** Evaluación de la colonización de micorrizas arbusculares en pasto *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus. *Revista MVZ Córdoba.* 15(3):2165-2174.
- Pérez, C., Pérez, C., y Vertel, M. 2010.** Caracterización nutricional, físico-química y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistemas de pasturas en la subregión Sabanas del departamento de Sucre, Colombia. *Revista Tumbaga* 1:27-37.
- Pérez, C. y De la Ossa, V. 2013.** Physical and chemical soil variables and the relation with the colonization of arbuscular mycorrhizae in angleton (*Dichanthium aristatum* Benth) ROOTS. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 16:71-78.

- Pietikäinen, A., Kytöviita, M. and Vuoti, U. 2005.** Mycorrhiza and seedling establishment in a subarctic meadow: effects of fertilization and defoliation. *Revista Journal of Vegetation Science* 16: 175–182.
- Philips, J. and Hayman, D. 1970.** 'Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection', *Transactions of the British mycological Society* 55: 158–161.
- Posada, R. 2001.** Presencia de propágulos de hongos de micorriza arbuscular en muestras de hojarasca alrededor de dos especies arbóreas en un bosque húmedo tropical. *Acta biológica colombiana*, 6(1): 47-55.
- Rodríguez, Y., Noval, B., Fernández, F., y Rodríguez, P. 2004.** Estudio comparativo de seis cepas de hongos micorrízicos arbusculares en su interacción con el tomate (*Lycopersicon esculentum* M. var "Amalia"). *Ecología Aplicada*, 3(1y2): 162-171.
- Sánchez, M. 1999.** Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos, 1era ed., Palmira Colombia: Universidad Nacional de Colombia, p. 1-227.
- Sieverding, E. 1986.** El papel de las micorrizas en la agricultura. *Suelos Ecuatoriales*, 16(1) 52-59. 1986.
- Shüßler, A., Schwarzott, D. and Walker, C. 2001.** A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Revista Mycological Research* 105: 1413-1421.
- Smith, S. and Read, D. 1997.** *Mycorrhizal Symbiosis*. 2da ed. Londres: Academic Press Limited, p 1-605.
- Smith, S. and Read, D. 2008.** *Mycorrhizal symbiosis*, 3rd ed. Nueva York. Elsevier, Academic Press. p. 1-236.
- Suárez, E., Reza, S., García, F., Pastrana, I. y Díaz, E. 2011.** Comportamiento ingestivo diario de bovinos de ceba en praderas del pasto Guinea (*Panicum maximum* cv. Mombasa). *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 12(2):167-174.
- Tao, L. and Zhiwei, Z. 2005.** Arbuscular mycorrhizas in a hot and arid ecosystem in southwest China. *Applied Soil Ecology* 29(1):135–141.
- Wearn, J. and Gange, A. 2007.** Above-ground herbivory causes rapid and sustained changes in mycorrhizal colonization of grasses. *Revista Oecologia* 153: 959–971.
- Van Der Heijden, M. 1998.** Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. *Ecology* 79(6): 2082-2091.
- Van der Heijden, M., Klironomos, J., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., Wiemken, A. and Sanders, I. 1989.** Mycorrhizal fungal diversity determines plants biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature* 396: 69-72.
- Vierheilig, H. and Piché, Y. 2002.** Signaling in arbuscular mycorrhiza: facts and hypotheses. En: Manthey, J. y Buslig, B. (Ed). *Flavonoids in the living system*. Plenum Press, New York, p23-39.