



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE SUCRE  
ESCUELA DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

**EVALUACIÓN DE MICORRIZAS ARBUSCULARES EN DOS  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, AGRÍCOLA Y PECUARIO, EN LA  
“GRANJA LA ESPERANZA” EN EL SECTOR TARABACOA, MUNICIPIO  
BOLÍVAR DEL ESTADO SUCRE**  
(Modalidad: Tesis de Grado)

ROSMARÍ LUCÍA MARCANO PEREDA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADA EN BIOLOGÍA

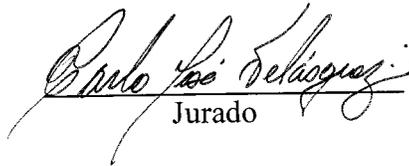
CUMANÁ, 2012

EVALUACIÓN DE MICORRIZAS ARBUSCULARES EN DOS SISTEMAS  
DE PRODUCCIÓN, AGRÍCOLA Y PECUARIO, EN LA “GRANJA LA  
ESPERANZA” EN EL SECTOR TARABCOA, MUNICIPIO BOLÍVAR DEL  
ESTADO SUCRE

APROBADO POR:



Profa. Isabel Mimbela de Loroño  
Asesora



Jurado



Jurado

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
LISTA DE TABLAS .....	iii
LISTA DE FIGURAS .....	iv
RESUMEN .....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
METODOLOGÍA.....	6
1. Ubicación del ensayo.....	6
2. Tipo de muestreo .....	6
3. Análisis fisicoquímico del suelo.....	7
4. Estudios de laboratorio .....	7
4.1. Determinación del porcentaje de infección micorrízica .....	7
4.2. Aislamiento de esporas deHMA .....	9
4.3. Cuantificación de esporas de HMA .....	10
4.4. Identificación de esporas de HMA .....	10
4.5. Especificidad HMA - hospedero .....	10
5. Análisis estadístico .....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	11
Porcentaje de infección micorrízica .....	11
Cuantificación de esporas de hongos formadores de micorrizas arbusculares .....	14
Identificación taxonómica de esporas de HMA presentes en los suelos de la granja “La Esperanza” .....	16
Sistema de producción agrícola .....	16
Sistema de producción pecuario .....	23
Especificidad HMA – hospedero.....	25

CONCLUSIONES .....	32
RECOMENDACIONES .....	33
BIBLIOGRAFÍA .....	34
APÉNDICE .....	41
ANEXOS .....	43
HOJA DE METADATOS .....	45

## **DEDICATORIA**

A Dios por siempre estar conmigo y darme el amor, fortaleza, sabiduría, paciencia, comprensión y demás herramientas necesarias para continuar avanzando por el camino de la vida ayudándome a superar los obstáculos y así alcanzar cada una de mis metas trazadas hacia una mejor formación como ser humano.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios, por guiar mis pasos y darme fuerzas para vivir cada día.

A mi mamá, hermano, hermanas, tías(os), primas(os) y todos aquellos integrantes de mi familia quienes con su apoyo y palabras de aliento me impulsaron para no desfallecer en esta batalla de la vida. Su amor y paciencia son mi apoyo día a día. Gracias por siempre estar familia.

A la Profa. Isabel Mimbela por su apoyo intelectual, paciencia, comprensión, colaboración, amistad y cariño, durante todo el desarrollo de esta investigación.

A mis amigas(os), novio y compañeras(os) que saben ocupan un lugar en mi corazón y cuyo cariño, apoyo y paciencia me permiten mantener la fe en mí cada día.

A la familia Narváez Ruiz por todo su amor y apoyo incondicional.

A mis profesores(as) por su apoyo e impulso, en especial a: María Balza, Rosanna Valerio, Victor Franco y Carmen Martins por su amistad y consejos brindados, que me permitieron crecer como ser humano.

A la señora Ana Damaris Rodríguez por sus sabios consejos y toda la ayuda y dedicación prestada en momentos tan significativos en mi vida.

Al Prof. Wilmer Sánchez por su colaboración y equipos prestados.

A la Dra. Gisela Cuenca, del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, IVIC, por sus sabios conocimientos aportados esta investigación.

Y a todas aquellas personas que de alguna u otra forma me apoyaron en la realización del trabajo.

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis fisicoquímico del suelo de la “Granja La Esperanza”. .....	7
Tabla 2. Descripción de las esporas de HMA aisladas en rizósferas del sistema de producción agrícola de la “Granja la Esperanza”. .....	20
Tabla 3. Descripción de las esporas de HMA aisladas en rizósferas del sistema de producción pecuario de la “Granja la Esperanza” .....	26
Tabla 4. . Especies de HMA identificadas en la rizósfera de los distintos hospederos evaluados en los sistemas de producción agrícola y pecuario en la “Granja la Esperanza” .....	29

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Esquema del montaje de raíces teñidas en azul de tripano en láminas portaobjetos. .... 8
- Figura 2. Frecuencia de micorrización (%F) por sistemas de producción ( $K_w= 0,238171$ ;  $p>0,05$ ) y por hos pederos ( $K_w= 0,0874732$ ;  $p>0,05$ ) en la “Granja La Esperanza”. (a: *Manihot esculenta*, b: *Saccharum officinarum*, c: *Musa paradisiaca*, d: *Cynodon nlemfuensis*, e: *Pennisetum purpureum*). .... 11
- Figura 3. Riqueza arbúscular (%A) para los sistemas de producción ( $K_w= 0,344048$ ;  $p>0,05$ ) y distintos hospederos ( $K_w= 0,34669$ ;  $p>0,05$ ) evaluados en la “Granja La Esperanza”. (a: *Manihot esculenta*, b: *Saccharum officinarum*, c: *Musa paradisiaca*, d: *Cynodon nlemfuensis*, e: *Pennisetum purpureum*). .... 12
- Figura 4. Número de esporas totales en 100 g de suelo por (A) sistema de producción ( $K_w= 0,0338916$  ) y (B) hospedero ( $K_w= 0,114685$ ;  $p>0,05$ ) en la “Granja la Esperanza”. (a: *Manihot esculenta*, b: *Saccharum officinarum*, c: *Musa paradisiaca*, d: *Cynodon nlemfuensis*, e: *Pennisetum purpureum*). .... 15
- Figura 5. . Esporas de HMA aisladas de la rizósfera de *Manihot esculenta* del sistema de producción agrícola de la “Granja la Esperanza”, observadas bajo microscopio óptico, objetivo 40X. (a: *Acaulospora* sp. 1, b: *Glomus cf. corymbiforme*, c: *G. cf. Manihotis*, d: *G. cf. microcarpum*, e: *G. cf. tortuosum*, f: *Glomus* sp. 9, g: *Glomus* sp. 10 ). .... 18
- Figura 6. Esporas de HMA de la rizósfera de *Saccharum officinarum* aisladas del sistema de producción agrícola de la “Granja la Esperanza”, observadas bajo microscopio óptico, objetivo 40X. (a: *Glomus cf. glomerulatum*, b: *G. cf. viscosum*, c: *Glomus* sp. 11, d: *Glomus* sp. 12, e: *Paraglomus* sp. 1). .... 18
- Figura 7. Esporas de HMA aisladas de la rizósfera de *Musa paradisiaca* del sistema de producción agrícola de la “Granja la Esperanza”, observadas bajo microscopio

óptico, objetivo 40X. (a: *Acaulospora* sp. 2, b: *G. cf. aggregatum*, c: *G. cf. glomerulatum*, d: *G. cf. macrocarpum*, e: *G. cf. manihotis*, f: *G. cf. pustulatum*, g: *Glomus* sp. 1, h: *Glomus* sp. 2, i: *Glomus* sp. 3, j: *Glomus* sp. 4, k: *Paraglomus* sp. 2).  
 ..... 19

Figura 8. Esporas de HMA aisladas de la rizósfera de *Cynodon nlemfuensis* del sistema de producción pecuario de la “Granja la Esperanza”, observadas bajo microscopio óptico, objetivo 40X. (a: *Acaulospora* sp. 2, b: *Ambispora cf. brasiliensis*, c: *Glomus cf. corymbiforme*, d: *G. cf. glomerulatum*, e: *G. cf. rubiformis*, f: *Glomus* sp. 5, g: *Glomus* sp. 6, h: *Glomus* sp. 7, i: *Glomus* sp. 8, j: *Pacispora* sp., k: *Sclerocystis cf. clavispora*..... 24

Figura 9. Esporas de HMA aisladas de la rizósfera de *Pennisetum purpureum*, del sistema de producción pecuario de la “Granja la Esperanza”, observadas bajo microscopio óptico, objetivo 40X. (a: *Entrophospora cf. baltica*, b: *Funneliformis* sp., c: *Glomus cf. corymbiforme*, d: *Glomus* sp. 13, e: *Glomus* sp. 14, f: *Glomus* sp. 15).  
 ..... 25

Figura 10. Estimación de infección micorrízica y abundancia arbuscular según Trouvelot *et al.* (1986). ..... 43

Figura 11. Carta de colores para esporas de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA). ..... 44

## RESUMEN

En “La Granja La Esperanza” se mantiene un sistema de preservación de la calidad biológica de los suelos con sistemas de producción agrícola y pecuario libre de agroquímicos, esto hizo posible estudiar la frecuencia y riqueza de los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) en cultivos de gran importancia alimenticia como *Manihot esculenta* (yuca), *Saccharum officinarum* (caña de azúcar), *Musa paradisiaca* (plátano) y dos gramíneas *Pennisetum purpureum* (pasto elefante) y *Cynodon nlemfuensis* (pasto estrella) de interés en la alimentación de ganado en un ambiente que permite el desenvolvimiento natural de los micro y macro organismos. Se utilizó el método de Trouvelot para determinar la frecuencia micorrizica (%F) y riqueza arbuscular (%A) por especie y por sistema de producción en las muestras de rizósfera seleccionadas. No se encontraron diferencias significativas en %F y %A tanto para los sistemas de producción como para los hospederos; sin embargo, se encontraron diferencias significativas en el número de espora por 100 g de suelo según el sistema de producción, con un mayor número de esporas en el sistema de producción agrícola. Se identificaron especies de HMA de los géneros *Acaulospora*, *Glomus*, *Paraglomus* y *Sclerocystis* entre otros. Los resultados indican que las condiciones de sostenibilidad que se aplican en la granja permiten el establecimiento de la simbiosis de manera efectiva en el marco de un desarrollo ecológico, manteniendo un equilibrio y buen uso del ambiente.

Palabras claves: Micorrizas arbusculares, raíz, agricultura sostenible, policultivos, ecológico, agrobiología.

## INTRODUCCIÓN

La actividad humana ha transformado la naturaleza a lo largo de la historia, lo cual se expresa en un intenso uso del suelo para actividades agrícolas, industriales y de urbanismo, lo que conlleva a la necesidad de buscar alternativas para compensar el deterioro del ambiente debido a su mal manejo y despilfarro. La implementación de conucos denominados policultivos, constituye un tipo de agricultura que usa cosechas múltiples sobre la misma superficie, imitando hasta cierto punto la diversidad de ecosistemas naturales, evitando las grandes cargas sobre el suelo agrícola de las cosechas únicas o monocultivo (Núñez y Romero, 2007).

El policultivo, incluye la rotación de cultivos, multi-cultivo, inter-cultivo y cultivo en callejones; aunque requiere a menudo más trabajo, tiene varias ventajas sobre el monocultivo: la diversidad de cosecha ayuda a evitar la susceptibilidad que los monocultivos tienen a las plagas; la mayor variedad de cosechas proporciona mejoras al suelo, por lo que aumenta la biodiversidad local. Si bien puede suponerse que uno de los riesgos del uso de policultivos es la competencia de las especies cultivadas en una misma superficie, se postula que lo que ocurre es una competencia parcial entre dos o más cultivos, que usan distintos recursos del ecosistema o el mismo recurso pero en tiempo y espacio diferente (Sarandón y Labrador, 2002).

En los policultivos la diversificación de especies vegetales resulta en diferencias tanto de la capacidad de exploración del suelo (diversas estructuras radicales) como en las estructuras aéreas que determinan la incidencia de luz y sombra, según los requerimientos de cada variedad o especie. La eficiencia de éstos se basa en el uso complementario de los recursos (Abril, 2002). El desafío es manejar la complejidad de los sistemas agrícolas, considerando la importancia de las

propiedades de los ecosistemas naturales, para recrear en los agroecosistemas algo de la diversidad original, sin perder de vista el objetivo final de estos sistemas, que es obtener biomasa cosechable tanto vegetal como animal (Núñez y Romero, 2007). Desde el diseño de los sistemas (elección de la estructura del cultivo o del ganado: número, tipo y relación), el manejo de poblaciones no deseadas y la vegetación circundante (bordes, áreas naturales), hasta la visión macroescalar, donde el paisaje agrícola resulta un mosaico de parches interconectados, con la diversidad producto de los distintos hábitats, se plantea una perspectiva de conservación de la biodiversidad como elemento central para sentar las bases de una agricultura sustentable en balance con el ambiente (Gliessman, 2001).

El establecimiento de policultivos en regiones tropicales de Latinoamérica es de uso común por los agricultores a mediana y pequeña escala; algunas de las especies más usadas son yuca (*Manihot esculenta*), planta originaria de América tropical, arbusto leñoso perenne que pertenece a la familia Euphorbiaceae (Arismendi, 2001), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), especie de la familia Poaceae (Ortiz *et al.*, 1998) y plátano (*Musa paradisiaca*), incluida en la familia Musaceae (Vega y Rodríguez, 2004); tres especies con una marcada importancia nutricional y económica, en el oriente del país. Otras especies de cultivo común en un sistema de conuco con interrelación pecuaria son: pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), dos gramíneas de gran importancia para la alimentación del ganado (Rodrigues, 2000; Paredes, 2001).

Todos estos rubros utilizados en la implantación de policultivos, al igual que la mayoría de las plantas de interés agrícola, ornamental, medicinal y/o forestal, presentan en sus rizósferas interacciones con importantes grupos de microorganismos promotores del crecimiento y desarrollo vegetal, entre los cuales destacan los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) (Agrios, 2005).

Las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas establecidas entre las raíces de la mayoría de las plantas vasculares y ciertos hongos que se encuentran en el suelo (Azcón-Aguilar *et al.*, 1984; Agrios, 1985). En esta simbiosis, la planta suministra al hongo fuentes de carbono producto de la fotosíntesis y el hongo, a través de su red de micelio incrementa notablemente en la planta la absorción de nutrientes minerales del suelo (Azcón y Barea, 1980; Sieverding, 1991). Estas asociaciones fueron descubiertas en el siglo XIX por el botánico alemán Frank, quien observó que la inoculación con micorrizas estimulaba la germinación y el crecimiento de las plántulas (Sieverding, 1991).

La clasificación más reciente de las micorrizas, basada en el análisis molecular de las secuencias SSU del ARNr, indican que tienen un origen monofilético y comparten ancestros con Basidiomycota y Ascomycota pero no con Zygomycota, por lo que son considerados dentro de un nuevo phylum denominado Glomeromycota (Schüssler *et al.*, 2001; Schüssler, 2009).

La asociación mutualista entre los HMA y la raíz de las plantas se ve influenciada por muchos factores de naturaleza química, física y biológica en su ambiente (suelo), tales como: humedad, aireación, temperatura, contenido de arcilla, pH, salinidad, niveles de fósforo, nitrógeno y otros elementos, concentración de metales pesados, además de la diversidad de microorganismos que habitan en el suelo. La aplicación de fertilizantes y plaguicidas en los suelos tiene una alta incidencia sobre la formación de los HMA (Sieverding, 1991; Tena, 2002).

Entre las ventajas que los HMA proporcionan a las plantas además de mayor captación de nutrientes (Bolan, 1991; Lárez, 1991), destacan la protección contra hongos parásitos y nematodos, al funcionar como una barrera protectora en el sistema radical (García-Garrido y Ocampo, 1989; Azcón-Aguilar y Barea, 1996) y modificar la forma de crecimiento de la arquitectura radical (Harley y Smith, 1983).

Por otra parte, contribuyen al almacenamiento de carbono por la alteración de la cantidad y calidad de la materia orgánica del suelo, transfieren cantidades significativas de carbono a través del micelio fúngico micorrízico conectando diferentes especies vegetales, reducen la competencia entre las plantas y contribuyen a la estabilidad y diversidad del ecosistema (Strack *et al.*, 2003). Además, el micelio de los HMA en el suelo promueve la formación de agregados, lo cual de manera indirecta influye en el establecimiento de las plantas (Bethlenfalvay *et al.*, 1999; Bago *et al.*, 2003).

En la actualidad, los HMA son importantes en la agricultura ecológica por los beneficios que aportan a la mayoría de los cultivos y a la conservación del medio ambiente, al actuar como biofertilizantes y agentes de biocontrol, además de proveer a la planta la posibilidad de tolerar condiciones ambientales indeseables tales como el estrés salino (Murkute *et al.*, 2006; Sannazzaro *et al.*, 2006), estrés hídrico (Beltrano y Ronco, 2008) y contaminación con metales pesados e hidrocarburos (Rabie y Almadini, 2005; Biró y Trakács, 2006; Liasu y Ogundola, 2006; Robertson *et al.*, 2007), esto bajo un manejo respetuoso del ambiente a partir del uso sostenible de los recursos y del aprovechamiento de las estrategias que posee la propia naturaleza para su autorregulación (Barea y Azcón-Aguilar, 2002; Vega y Rodríguez, 2004).

Oehl *et al.* (2003) encontraron que la intensidad de uso de la tierra estaba correlacionada con un descenso de los HMA. Diferentes prácticas de cultivo también pueden causar variación en la comunidad HMA y la colonización de raíces de las plantas (Abbott y Robson, 1991). Alteraciones tales como el laboreo excesivo del suelo, han demostrado reducir los beneficios de los HMA (Kabir *et al.*, 1997). La agricultura tradicional a través del uso de agroquímicos como los fungicidas reduce el funcionamiento de los HMA (Menge *et al.*, 1979). Por otra parte, algunos estudios indican que la fertilización fosfórica continua decrece la densidad de esporas bajo condiciones de campo (Kahiluoto *et al.*, 2001).

En virtud de los efectos adversos de la agricultura tradicional sobre la colonización de los HMA en las raíces y la población de las esporas en el suelo se escogió una finca con un manejo agroecológico, como lo es la “Granja La Esperanza” en la cual se emplean dos tipos de sistemas de producción: agrícola y pecuario, para evaluar el estatus natural de los HMA en estos dos ambientes.

# METODOLOGÍA

## 1. Ubicación del ensayo

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la Granja “La Esperanza,” ubicada en el sector Tarabacoa, Municipio Bolívar, Estado Sucre, en la coordenada 10°26'29,11” LN y 63°50'41,16” LO. Esta granja tiene una extensión de terreno de aproximadamente 2 hectáreas. Presenta dos sistemas de producción: agrícola y pecuario, ambos con un trato ecológico. Cuenta con un sistema de elaboración de biofertilizantes basado en la producción de humus de lombrices californianas, para uso interno de la granja, además, posee un sistema de riego permanente.

## 2. Tipo de muestreo

Se realizó un muestreo en la granja en periodo de sequía. Se recolectaron muestras de rizósfera con tres réplicas por cada especie vegetal (mencionadas abajo) sometida al estudio, tanto de la zona agrícola como de la zona pecuaria. Las muestras fueron colectadas en el terreno en forma de zig-zag, aproximadamente a 20 m de distancia entre cada una de ellas.

La rizósfera de las especies vegetales evaluadas en la zona de la granja con sistema de producción agrícola fueron: yuca (*Manihot esculenta*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y plátano (*Musa paradisiaca*) y en la zona con sistema de producción pecuario: pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*).

### 3. Análisis fisicoquímico del suelo

Con el fin de determinar las características fisicoquímicas (Tabla 1) en los suelos de la “Granja La Esperanza”, se envió una muestra representativa (mezcla de los suelos colectados de cada especie vegetal) de aproximadamente 1 kg de suelo al Laboratorio de Suelos del Instituto Universitario de Tecnología (IUT) de Cariaco, donde se evaluó: textura, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, contenido de P, N, K y Na asimilable

Tabla 1. Análisis fisicoquímico del suelo de la “Granja La Esperanza”.

Determinaciones analíticas	Resultados
Textura	Franco arenosa
pH	7,10 N
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C)	852,0 A
Materia orgánica (%)	3,12 B
Nitrógeno total (%)	0,61 B
Sodio asimilable (%)	$2,4 \times 10^{-3}$ MB
Potasio (meq/100 g suelo)	0,24 B
Fósforo (ppm /100 g suelo)	9 B

CE: conductividad eléctrica, A: alto, N: normal, B: bajo y MB: muy bajo.

### 4. Estudios de laboratorio

#### 4.1. Determinación del porcentaje de infección micorrízica

El porcentaje de infección micorrízica se determinó siguiendo la metodología de Phillips y Hayman (1970) con modificaciones de Dodd *et al.* (2001). Muestras de raíces de aproximadamente 2 g fueron colocadas en cápsulas plásticas "tissue teck", sumergidas en hidróxido de potasio (KOH) al 10% y dejadas en baño de María a

70°C durante 10 minutos para despigmentar los tejidos corticales. Luego, se decantó el KOH, se lavaron en agua destilada y se introdujeron en ácido clorhídrico (HCl) al 10% por 30 minutos para neutralizar el KOH. El HCl se decantó y las muestras se colocaron en tubos de tinción con azul de tripano al 0,05% en lactoglicerina por 72 horas, lavando diariamente con agua de chorro, con la finalidad de eliminar el exceso de colorante. Se colocaron las raíces en lactoglicerina, sustancia donde permanecieron hasta el momento de su evaluación.

Por cada especie vegetal se prepararon tres láminas con diez segmentos de raíz cada una, con aproximadamente 2 cm de longitud, colocados paralelamente en un portaobjeto de manera perpendicular al eje más largo, se añadió lactoglicerina a las raíces y se cubrieron con otro porta objeto a fin de protegerlas completamente (Figura 1).

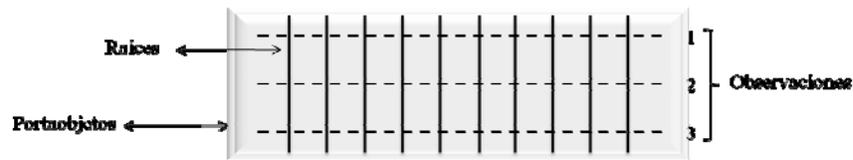


Figura 1. Esquema del montaje de raíces teñidas en azul de tripano en láminas portaobjetos.

Se realizaron tres observaciones por raíz y en cada una de ellas se verificó la presencia o ausencia de estructuras de los HMA, tales como: arbuscúlos, micelio y vesículas, con la ayuda de un microscopio óptico marca Motic, con objetivo 10X. Cada segmento fue categorizado entre las clases 0 (0% infección) hasta 5 (>95% infección). Simultáneamente, la proporción de arbuscúlos en cada porción infectada fue categorizada entre  $A_0$  (0% arbuscúlos) hasta  $A_3$  (100% arbuscúlos).

La densidad de colonización y la riqueza de arbuscúlos en la corteza radical se determinó según el método de Trouvelot *et al.* (1986), contando interceptos con y sin

evidencias de infección y aplicando las siguientes fórmulas.

$$\text{Frecuencia de micorrización (\%F)} = (n1 + 5 n2 + 30 n3 + 70 n4 + 95 n5) / N$$

$$\text{Riqueza arbuscular total (\%A)} = a mA / 100$$

$$a (\%) = (10 mA1 + 50 mA2 + 100 mA3) / 100$$

$$mA \text{ o } M (\%) = (n1A + 5 n2A + 30 n3A + 70 n4A + 95 n5A) / 100$$

Donde la frecuencia de micorrización (%F) es simétrica en el rango 5-95%, *N* es el número de fragmentos observados, *A* corresponde al número de fragmentos con arbusculos categorizados, *a* es el porcentaje de arbusculos en la porción de raíz colonizada, *mA* o *M* indica la intensidad de micorrización total (%), *n1*... *n5* y *n1A*...*n5A* representan el número de fragmentos pertenecientes a las categorías como 1...5, respectivamente.

#### 4.2. Aislamiento de esporas de HMA

Para la extracción de esporas de los HMA, se siguió el método del tamizado húmedo de Gerdemann y Nicolson (1963) con modificaciones de Sieverding (1991). Cien gramos de suelo de cada muestra de rizósfera por especie vegetal se colocaron en beakers de vidrio de 500 ml de capacidad, se mezclaron con 300 ml de agua de chorro, se agitaron por 20 s y se vertieron a través de tamices de 250 µm hasta 35 µm.

Las muestras colectadas en el tamiz de 35 µm se centrifugaron con agua de chorro por 3,5 min a 3 000 rpm, se descartó el sobrenadante y al sedimento se le agregó 40 ml de sacarosa al 60%, se mezcló y nuevamente fue centrifugada a 3 000 rpm durante 3,5 min. El sobrenadante de la segunda centrifugación se vertió sobre un

tamiz de 35  $\mu\text{m}$ , donde las esporas se lavaron con abundante agua de chorro. La muestra resultante fue depositada en una cápsula de Petri para su posterior conteo e identificación taxonómica:

#### 4.3. Cuantificación de esporas de HMA

Las esporas se observaron en un microscopio estereoscópico marca Motic a 60X y se separaron en grupos según sus características morfológicas, tales como tamaño, color y forma, utilizándose para ello una placa de porcelana. La cantidad total de esporas cuantificadas se expresó por 100 g de peso seco de suelo.

#### 4.4. Identificación de esporas de HMA

Las esporas cuantificadas fueron transferidas a portaobjetos, fijadas con polivinil lactoglicerina (PVLG) y cubiertas con cubreobjetos. Una vez preparadas las láminas se secaron en la estufa. Estas láminas fueron observadas bajo microscopio de luz con el objetivo de 40X, la identificación taxonómica de las esporas se realizó según INVAM (1999) y Schüssler (2009).

#### 4.5. Especificidad HMA - hospedero

Según la identificación taxonómica previa, se cuantificaron las especies de HMA en los distintos hospederos y se consideró su abundancia en la especie vegetal colonizada como la especificidad HMA - hospedero<sup>-1</sup>.

### 5. Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados estadísticamente con Kruskal-Wallis y para los tratamientos significativos se realizó la prueba *a posteriori* de Duncan con un nivel de significancia de 0,05 utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurion.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Porcentaje de infección micorrízica

La infección micorrízica del sistema radical de las plantas, está determinado por las variables fúngicas: frecuencia de micorrización (%F) y riqueza arbuscular total (%A).

El término frecuencia de micorrización (%F) se refiere al número de raíces colonizadas (presencia de estructuras fúngicas como: arbusculos, esporas, hifas, vesículas dentro de la raíz o en la rizósfera) con relación al total de raíces (Trouvelot *et al.*, 1986). Los resultados de la frecuencia de micorrización se observan en la Figura 2.

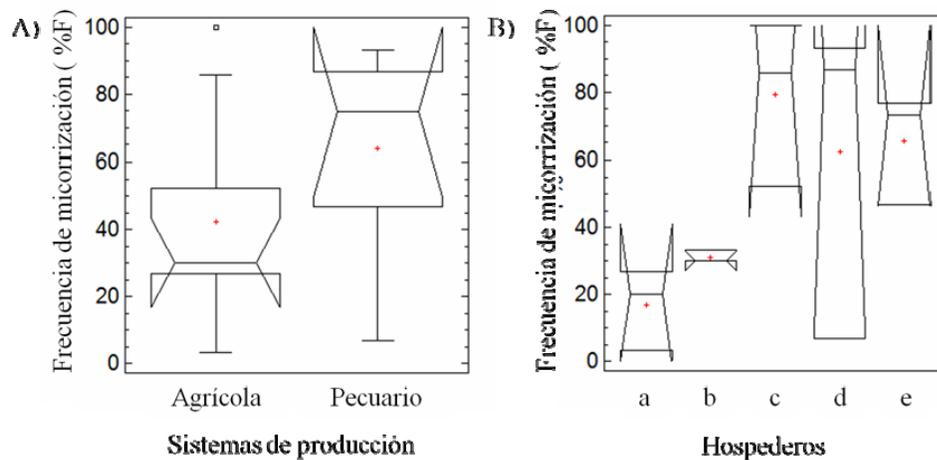


Figura 2. Frecuencia de micorrización (%F) por sistemas de producción ( $Kw=0,238171$ ;  $p>0,05$ ) y por hospederos ( $Kw=0,0874732$ ;  $p>0,05$ ) en la “Granja La Esperanza”. (a: *Manihot esculenta*, b: *Saccharum officinarum*, c: *Musa paradisiaca*, d: *Cynodon nlemfuensis*, e: *Pennisetum purpureum*).

Los resultados obtenidos en esta investigación, reflejan la existencia de una abundante micorrización tanto para la rizósfera del sistema de producción agrícola como del pecuario (Figura 2A), así como para los distintos hospederos estudiados

(Figura 2B). Sin embargo, no se obtuvieron diferencias significativas en esta variable en los sistemas de producción ni en los hospederos ( $K_w = 0,238171$  y  $K_w = 0,0874732$ ;  $p > 0,05$ , respectivamente).

Por otro lado los arbusculos son hifas modificadas y se consideran la estructura central de la simbiosis micorrízica arbuscular, pues juegan un papel crucial en las principales funciones de la interacción, el mejoramiento de la nutrición de la planta y el biocontrol de patógenos del suelo (Franken *et al.*, 2007). La riqueza arbuscular (%A) se refiere al porcentaje de arbusculos presentes en el sistema radical del hospedero (Trouvelot *et al.*, 1986).

En la siguiente figura se muestra el %A de las rizósferas estudiadas tanto en el sistema de producción agrícola como en el pecuario (Figura 3A) así como en los distintos hospederos estudiados (Figura 3B). Se encontraron diferencias no significativas para los sistemas de producción ( $K_w = 0,344048$ ;  $p > 0,05$ ) así como para los distintos hospederos ( $K_w = 0,34669$ ;  $p > 0,05$ ).

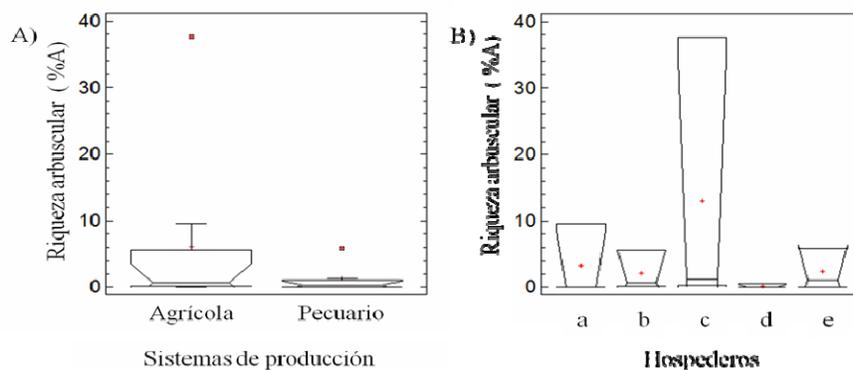


Figura 3. Riqueza arbuscular (%A) para los sistemas de producción ( $K_w = 0,344048$ ;  $p > 0,05$ ) y distintos hospederos ( $K_w = 0,34669$ ;  $p > 0,05$ ) evaluados en la “Granja La Esperanza”. (a: *Manihot esculenta*, b: *Saccharum officinarum*, c: *Musa paradisiaca*, d: *Cynodon nlemfuensis*, e: *Pennisetum purpureum*).

A pesar de que la colonización del sistema radical sea efectiva, ésta no

garantiza que la simbiosis establecida sea considerada como exitosa, debido a que se ha demostrado que la simbiosis constituida por los HMA y la planta huésped presenta una delgada barrera que separa a estos hongos mutualistas de los parásitos. Cuando hay elevadas concentraciones de P en el suelo, los HMA cesan sus actividades y se convierten en parásitos, disminuyendo el intercambio bilateral de nutrientes facilitado por los arbusculos y aumentando la expresión de vesículas, las cuales mediarán la alimentación del hongo, ya que sirven de depósitos de compuestos carbonados (Klironomos, 2000). Si se toma en consideración el bajo nivel de P encontrado en la granja en estudio (9 ppm/100 g suelo), así como el buen desarrollo de las plantas allí encontradas, se presume que la micorrización natural en esta granja fue exitosa con el porcentaje de infección presente en las raíces de las plantas estudiadas.

Los resultados obtenidos evidencian que aunque los HMA trabajan eficientemente en suelos degradados (Salamanca, 2002); en suelos menos perturbados con un manejo ecológico como los aquí estudiados, pueden ser igualmente beneficiosos y eficientes en la relación HMA – hospedero, ayudando a mantener el equilibrio natural de los suelos en ambientes libres de agroquímicos (Harrier y Watson, 2003), lo cual se sustenta en la capacidad de biomasa cosechable producida en ellos, debido a que conservan a través del tiempo su fertilidad natural (Toro *et al.*, 2008).

Los cambios que puedan ocasionarse por las labores agronómicas, especialmente si éstas implican el uso de tecnologías de altos insumos y fuerte mecanización, pueden conllevar a alteraciones de las características físicas y químicas del suelo que definen el microhábitat en que se desarrollan los microorganismos y sus depredadores (Altieri y Nicholls, 2000). En consecuencia, se puede hablar de un deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que comprenden su calidad (Bravo, 2002). Es por esta razón, que la biomasa microbiana, junto con otros parámetros biológicos y bioquímicos del suelo, han sido utilizados

recientemente, con mayor frecuencia, como indicadores de calidad del suelo, al ser sensibles al manejo antropogénico y a los factores ambientales (Cuenca *et al.*, 2007; Toro *et al.*, 2008).

### **Cuantificación de esporas de hongos formadores de micorrizas arbusculares**

En suelos bajo cultivo, los HMA no siempre pueden depender de la red de micelio extraradical para colonizar nuevas plantas, pues en la mayoría de los casos la intervención del suelo está ligada a la tala total o parcial de la cobertura, el uso del fuego y la remoción del horizonte orgánico del suelo. En estos sistemas, los HMA tienden a permanecer unidos a una planta huésped, hasta tener la posibilidad de establecer la red micelio extraradical (Restrepo *et al.*, 1993). Ahí es donde, aparte del micelio y las estructuras fúngicas que se encuentran dentro de las raíces, la presencia y riqueza de esporas de HMA cobran una gran importancia en los estudios de estos simbioses (Vargas, 1990).

Las esporas son estructuras de resistencia o sobrevivencia de los HMA desarrolladas a partir de una clamidospora o bien a partir del micelio originado en una raíz previamente infectada (Gerdemann y Trappe, 1974; Morton, 1993; Velandia, 2006). El número de esporas puede ser un estimado del grado de esporulación y de la riqueza de especies de HMA en condiciones controladas, sin embargo, el número de éstas encontradas en suelos naturales, no representa necesariamente la abundancia verdadera o la contribución ecológica del organismo de la especie presente pero puede servir de referencia en estudios de diversidad de este simbiote (Sturmer y Bellei, 1994).

En la Figura 4A se observa que en el sistema de producción agrícola se obtuvo un número de esporas significativamente mayor que en el pecuario; ( $Kw = 0,0338916$ ;  $p > 0,05$ ), sin embargo, se obtuvo diferencias no significativas al comparar

esta variable en los distintos hospederos (Figura 4B) ( $K_w = 0,114685$ ;  $p > 0,05$ ).

Aún cuando el manejo pecuario no afectó la infección con HMA al parecer si influyó negativamente el número de esporas. Es posible que la compactación del suelo por el pastoreo en este sistema de producción afecte el número de esporas presentes ya que puede estar dañando físicamente a las esporas que se encuentran en la capa superficial muestreada, lo cual coincide con Ezawa *et al.* (2002) quien sugiere que la compactación del suelo es un factor que puede afectar el número de esporas presentes. Por otra parte, se pudiera explicar este resultado como consecuencia de un mayor requerimiento nutricional por parte de las gramíneas lo que de alguna manera “obliga” a los HMA a colonizar más eficientemente las raíces en vez de producir mayor esporulación (Smith y Read, 1997).

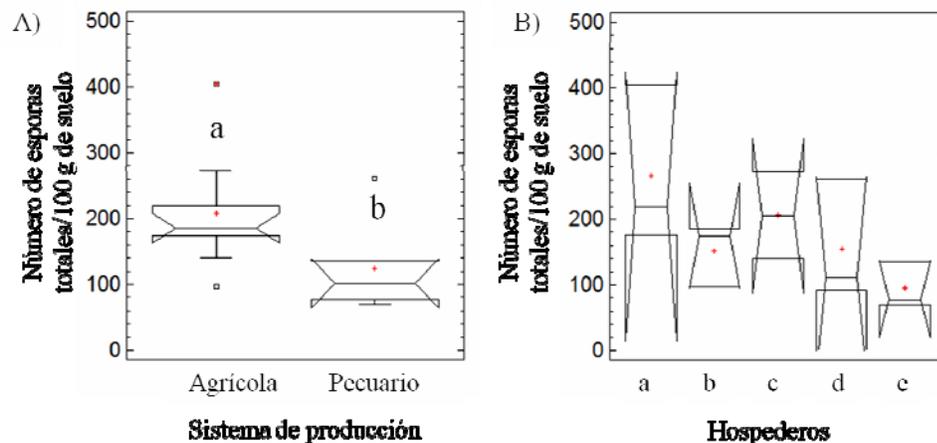


Figura 4. Número de esporas totales en 100 g de suelo por (A) sistema de producción ( $K_w = 0,0338916$ ) y (B) hospedero ( $K_w = 0,114685$ ;  $p > 0,05$ ) en la “Granja la Esperanza”. (a: *Manihot esculenta*, b: *Saccharum officinarum*, c: *Musa paradisiaca*, d: *Cynodon nlemfuensis*, e: *Pennisetum purpureum*).

Al mismo tiempo, el mayor número de esporas encontrado en el sistema de producción agrícola puede estar relacionado con la existencia de una mayor

diversidad de especies vegetales en este sistema, lo cual aumenta la disponibilidad de hospederos y colonización de los HMA, coincidiendo con lo señalado por Cuenca *et al.* (2007) en un estudio realizado en la amazonia colombiana donde se encontró que a mayor diversidad de hospederos mayor diversidad y número de esporas de HMA presentes en el suelo.

Asimismo, Toro *et al.* (2008) observaron que el manejo conservacionista en suelos franco - arenosos en sabanas venezolanas, favoreció la proliferación de microorganismos en el suelo entre estos, propágulos de micorrizas, que se veían afectados negativamente cuando se aplicaba fertilización química.

### **Identificación taxonómica de esporas de HMA presentes en los suelos de la granja “La Esperanza”**

Desde hace varias décadas se ha estudiado la distribución y riqueza de los HMA en los suelos basándose en la identificación de esporas, agrupándolos en diferentes grupos según sus características morfológicas comunes. La identificación de los HMA permite saber la composición de estos en diferentes ecosistemas y arroja una visión de su posible preferencia por los distintos tipos de plantaciones, lo cual es de suma importancia en la agricultura sostenible ya que de esta manera podría hacerse un uso más eficiente de los beneficios de la relación micorrizica (Cuenca *et al.*, 2007).

Peña - Venegas *et al.* (2006) en estudios realizados sobre la riqueza y abundancia de los HMA en suelos de bosques y suelos bajo cultivo de la amazonia colombiana identificó un total de 31 morfotipos de HMA, lo cual sirve de referencia para el mejor uso de estos microorganismos como biofertilizantes en la zona estudiada.

Sistema de producción agrícola

En la rizósfera de los hospederos *Manihot esculenta*, *Saccharum officinarum* y

*Musa paradisiaca* del sistema de producción agrícola se aislaron 21 especies de HMA, logrando identificar diecisiete morfotipos del género *Glomus*, dos de *Acaulospora* y dos de *Paraglomus* (Figuras 5, 6 y 7). En general, los colores de las especies HMA aisladas, variaron entre hialino, amarillo y marrón oscuro. La forma predominante fue la globosa. Las esporas de *Glomus* sp. 10 (Figura 5), presentaron mayor tamaño (entre 110  $\mu\text{m}$  de ancho - 170  $\mu\text{m}$  de alto) y el menor tamaño de esporas se encontró en *Glomus cf. aggregatm* (Figura 7), con 32,5  $\mu\text{m}$  de diámetro. El grosor de las paredes fue variable, este osciló entre 5  $\mu\text{m}$  y 17,5  $\mu\text{m}$ , siendo lisas, rugosas o membranosas y en algunos casos presentaron adherencias hifales (Tabla 2).

En estudios realizados en suelos de ecosistemas naturales de sabana, en Colombia, los números de esporas de HMA encontrados cambiaron como resultado de diferentes practicas de manejo. En suelos originales doce tipos de esporas fueron identificados y se observó que las poblaciones de los diferentes tipos de esporas cambiaron rápidamente bajo diferentes regímenes de cosecha, lo cual soporta la idea de que diferentes plantas hospederas pueden favorecer diferentes poblaciones de HMA en el suelo alrededor de un sistema de raíz (Dodd *et al.*, 1990).

La variedad de plantas hospederas que se cultivan en un sistema agrícola de policultivos puede favorecer la existencia de diferentes especies de HMA en los suelos, según su posible afinidad con las plantaciones cultivadas. Cadavid (2000), realizó estudios en diferentes cultivos de *Manihot esculenta* (yuca) en suelos colombianos, debido a la condición de simbiote obligado de esta especie vegetal se pudo inferir que la interacción de esta en policultivos crea condiciones favorables para el establecimiento de HMA en los suelos. Los géneros más comunes y eficientes relacionados con el cultivo de *Manihot esculenta* en suelos colombianos son *Glomus*, *Entrophospora* y *Acaulospora*, lo cual coincide con los géneros de HMA encontrados en este estudio.

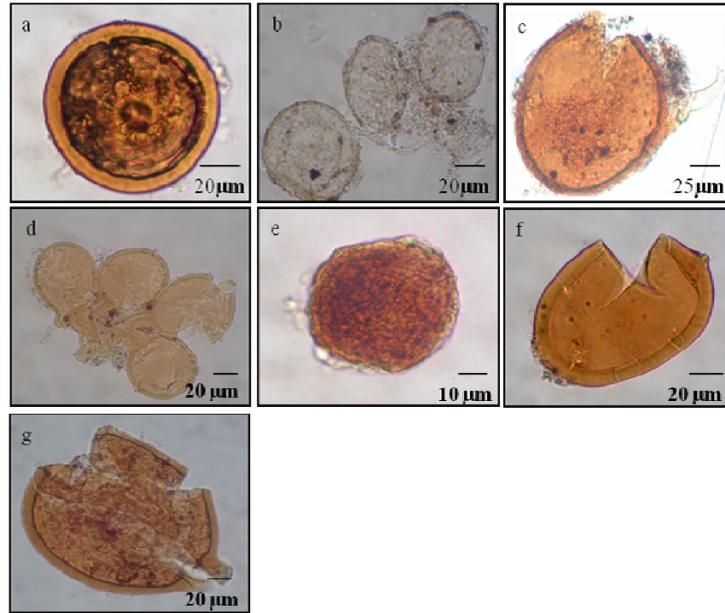


Figura 5. . Esporas de HMA aisladas de la rizósfera de *Manihot esculenta* del sistema de producción agrícola de la “Granja la Esperanza”, observadas bajo microscopio óptico, objetivo 40X. (a: *Acaulospora* sp. 1, b: *Glomus* cf. *corymbiforme*, c: *G. cf. Manihotis*, d: *G. cf. microcarpum*, e: *G. cf. tortuosum*, f: *Glomus* sp. 9, g: *Glomus* sp. 10 ).

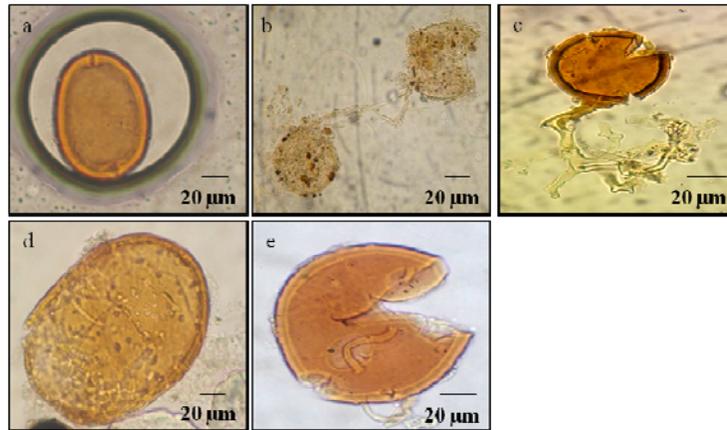


Figura 6. Esporas de HMA de la rizósfera de *Saccharum officinarum* aisladas del sistema de producción agrícola de la “Granja la Esperanza”, observadas bajo microscopio óptico, objetivo 40X. (a: *Glomus* cf. *glomerulatum*, b: *G. cf. viscosum*, c: *Glomus* sp. 11, d: *Glomus* sp. 12, e: *Paraglomus* sp. 1).

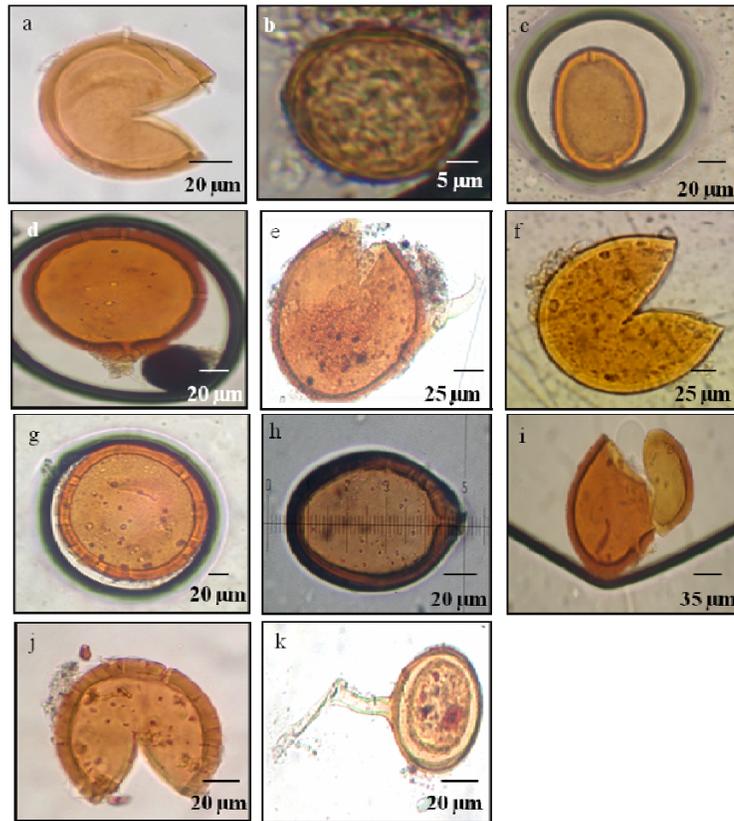


Figura 7. Esporas de HMA aisladas de la rizósfera de *Musa paradisiaca* del sistema de producción agrícola de la “Granja la Esperanza”, observadas bajo microscopio óptico, objetivo 40X. (a: *Acaulospora* sp. 2, b: *G. cf. aggregatum*, c: *G. cf. glomerulatum*, d: *G. cf. macrocarpum*, e: *G. cf. manihotis*, f: *G. cf. pustulatum*, g: *Glomus* sp. 1, h: *Glomus* sp. 2, i: *Glomus* sp. 3, j: *Glomus* sp. 4, k: *Paraglomus* sp. 2).

Tabla 2. Descripción de las esporas de HMA aisladas en rizósferas del sistema de producción agrícola de la “Granja la Esperanza”.

HMA	Color	Forma/Superficie	Tamaño (µm)	Pared / Grosor	Especie que coloniza
<i>Acaulospora</i> sp.1	Marrón dorada oscura	Globosa	Ancho:75	L1 Marrón clara 10 µm	<i>Manihotesculenta</i>
<i>Glomus</i> cf. <i>corymbiforme</i>	Hialina	Globosa o Subglobosa	Ancho:58,3	L1 hialina 5 µm con conexión hifal fusionada de textura viscosa	<i>Manihot esculenta</i>
<i>Glomus</i> cf. <i>microcarpum</i>	Amarilla clara	Globosa	Ancho:41,6	L1 amarilla clara 5 µm con conexión hifal en forma de racimo	<i>Manihot esculenta</i>
<i>Glomus</i> cf. <i>tortuosum</i>	Marrón dorada oscura	Globosa	Ancho:45	L1 Marrón dorada oscura 5 µm con textura irregular	<i>Manihot esculenta</i>
<i>Glomus</i> sp. 9	Marrón dorada clara	Subglobosa	Ancho:72,5 Alto: 95	L1 Marrón dorada clara 7.5 µm L2 Marrón dorada clara 5 µm con cicatrices	<i>Manihot esculenta</i>
<i>Glomus</i> sp. 10	Marrón oscura	Subglobosa	Ancho:110 Alto: 170	L1 Marrón clara 7.5 µm L2 Marrón oscura 2.5 µm con conexión hifal en forma de embudo de 27.5 µm	<i>Manihot esculenta</i>
<i>Glomus</i> cf. <i>manihotis</i>	Marrón dorada oscura	Globosa o Subglobosa	Ancho:117 Alto: 130	L1 Marrón oscura 7.5 µm Pared evanescente conexión hifal 55 µm	<i>Manihot esculenta</i> <i>Musa paradisiaca</i>

L1: pared más externa, L2: pared más interna.

Continuación tabla 2.

HMA	Color	Forma/Superficie	Tamaño(μm)	Pared / Grosor	Especie que coloniza
<i>Paraglomus</i> sp. 1	Marrón dorada clara	Globosa	Ancho: 95	L1 Marrón dorada clara 7,5 μm L2 Marrón dorada clara 5 μm	<i>Saccharum officinarum</i>
<i>Glomus</i> sp. 11	Marrón dorada oscura	Globosa	Ancho: 52,5	L1 Marron dorada clara 5 μm L2 Marron dorada clara 2,5 μm	<i>Saccharum officinarum</i>
<i>Glomus</i> sp. 12	Amarilla oscura	Globosa o subglobosa	Ancho:112,5 Alto: 145	L1 Amarilla oscura 5 μm	<i>Saccharum officinarum</i>
<i>Glomus cf. viscosum</i>	Hialina	Globosa o subglobosa	Ancho: 43.75	L1 Hialina 6,25 μm unidas por conexión hifal	<i>Saccharum officinarum</i>
<i>Glomus cf. glomerulatum</i>	Amarilla oscura	Globosa o subglobosa	Ancho:62,5 Alto: 87,5	L1 Marrón oscura 5 μm L2 Amarilla oscura 7,5 μm con 2 cicatrices de conexión hifal	<i>Saccharum officinarum</i> <i>Musa paradisiaca</i>
<i>Glomus</i> sp. 1	Marrón dorada oscura	Globosa o subglobosa	Ancho: 135	L1 Marrón oscura 10 μm	<i>Musa paradisiaca</i>
<i>Glomus</i> sp. 2	Marrón dorada oscura	Globosa o subglobosa	Ancho:75 Alto: 112,5	L1 Marrón oscura 5 μm L2 marrón dorad oscura 10 μm Conexión hifal en forma de embudo 17,5 μm de largo y 2,5 μm de ancho	<i>Musa paradisiaca</i>

L1: pared más externa, L2: pared más interna.

Continuación tabla 2.

HMA	Color	Forma/Superficie	Tamaño (µm)	Pared / Grosor	Especie que coloniza
<i>Acaulospora</i> sp. 2	Marrón clara	Globosa	Ancho: 72,5	L1 Marrón clara 10 µm con cicatriz de conexión hifal	<i>Musa paradisiaca</i>
<i>Glomus cf. aggregatum</i>	Marrón dorada clara	Globosa	Ancho: 32,5	L1 Marrón dorada clara 5 µm	<i>Musa paradisiaca</i>
<i>Glomus cf. macrocarpum</i>	Marrón dorada clara	Globosa	Ancho: 112,5 Alto: 150	L1 Marrón clara 7,5 µm L2 marrón oscura 5 µm Conexión hifal en forma de embudo 35 µm de largo y 10 µm de ancho	<i>Musa paradisiaca</i>
<i>Glomus cf. pustulatum</i>	Marrón dorada oscura	Globosa o subglobosa	Ancho: 125	L1 Marrón oscura 17,5 µm	<i>Musa paradisiaca</i>
<i>Glomus</i> sp. 3	Marrón dorada oscura	Globosa o subglobosa	Ancho: 120 Alto: 155	L1 Marrón clara 15 µm L2 Amarilla oscura 5 µm	<i>Musa paradisiaca</i>
<i>Glomus</i> sp. 4	Marrón clara	Globosa	Ancho: 80	L1 Marrón clara 10 µm	<i>Musa paradisiaca</i>
<i>Paraglomus</i> sp. 2	Marrón dorada clara	Globosa	Ancho: 60 Alto: 75,5	L1 Marrón dorada clara 5 µm Conexión hifal en 80 µm de largo y 10 µm de ancho	<i>Musa paradisiaca</i>

L1: pared más externa, L2: pared más interna

## Sistema de producción pecuario

En el sistema de producción pecuario, se encontraron 17 especies distintas de HMA, en la rizósfera de los hospederos *Cynodon nlemfuensis* y *Pennisetum purpureum*, identificadas según sus características morfológicas tales como tamaño, color y forma hasta la categoría de género once especies diferentes de *Glomus* y una especie de cada uno de los géneros como *Acaulospora*, *Ambispora*, *Esclerocystis*, *Pacispora*, *Funneliformis* y *Entrophospora*. (Figuras 8 y 9).

Al igual que en las esporas aisladas en el sistema de producción agrícola, los colores de las especies de hongo HMA variaron entre el hialino, amarillo y marrón oscuro. El menor tamaño se observó en las esporas de *Glomus* sp.7 (Figura 8) con 25  $\mu\text{m}$  de diámetro y el mayor tamaño en las esporas de *Glomus* sp. 5 (Figura 8) con 84  $\mu\text{m}$  de ancho - 125  $\mu\text{m}$  de alto, el grosor de la pared se encontró entre 5  $\mu\text{m}$  - 15  $\mu\text{m}$  (Tabla 3).

El género *Glomus* fue el más predominante en las esporas de HMA identificadas en las rizósferas estudiadas en ambos sistemas de producción (Tabla 4).

La taxonomía de los Glomales, al igual que la de muchos otros grupos de hongos, se ha basado en el estudio de los rasgos morfológicos de las esporas, los cuales son los más frecuentemente utilizados junto con otras estructuras fúngicas como el color, tamaño, forma y estructura de la pared celular, lo cual ha permitido agrupar, muchas veces de forma artificial, los diferentes hongos de la naturaleza. Para el caso concreto de los hongos formadores de micorrizas arbusculares, no existen claves actualizadas o completas que permitan identificar claramente los organismos colectados en la naturaleza (Peña-Venegas *et al.*, 2006).

Aunque estas estructuras se encuentren en el suelo, su número es bajo y no

pueden ser identificadas bien sea por daños físicos debido a los cambios en las condiciones climáticas o al ataque de parásitos y depredadores (Lovera, 2004). Además, muchas especies de HMA no forman esporas continuamente sino en ciertas épocas del año, sin embargo la presencia de esporas es un indicador del potencial del inóculo presente en el suelo (Brundrett, 1991; Dhillion y Anderson, 1993).

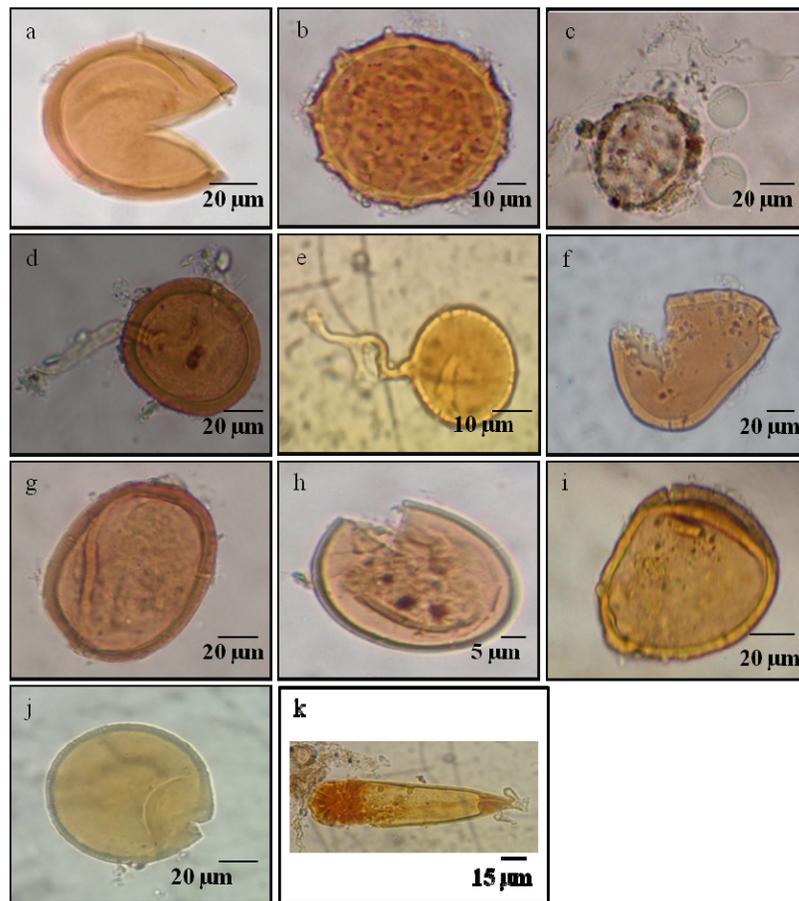


Figura 8. Esporas de HMA aisladas de la rizósfera de *Cynodon nlemfuensis* del sistema de producción pecuario de la “Granja la Esperanza”, observadas bajo microscopio óptico, objetivo 40X. (a: *Acaulospora* sp. 2, b: *Ambispora* cf. *brasiliensis*, c: *Glomus* cf. *corymbiforme* , d: *G. cf. glomerulatum* , e: *G. cf. rubiformis* , f: *Glomus* sp. 5, g: *Glomus* sp. 6, h: *Glomus* sp. 7, i: *Glomus* sp. 8, j: *Pacispora* sp., k: *Sclerocystis* cf. *clavispora*.

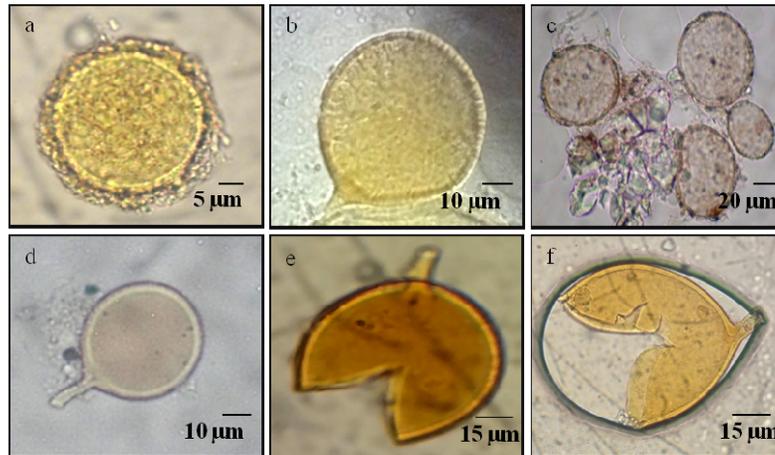


Figura 9. Esporas de HMA aisladas de la rizósfera de *Pennisetum purpureum*, del sistema de producción pecuario de la “Granja la Esperanza”, observadas bajo microscopio óptico, objetivo 40X. (a: *Entrophospora cf. baltica*, b: *Funneliformis sp.*, c: *Glomus cf. corymbiforme*, d: *Glomus sp. 13*, e: *Glomus sp. 14*, f: *Glomus sp. 15*).

### Especificidad HMA – hospedero

Se encontró una alta especificidad de las especies de HMA identificadas por hospederos (Tabla 4) observándose la presencia de una gran riqueza micorrizica tanto en el sistema de producción agrícola como pecuario sin embargo, algunas especies de HMA colonizaron más de un hospedero abarcando ambos sistemas de producción. Así, *Glomus cf. corymbiforme* colonizó a *Manihot esculenta*, *Cynodon nlemfuensis* y a *Pennisetum purpureum*. *Acaulospora sp. 2* colonizó a *Musa paradisiaca* y *Cynodon nlemfuensis*. *Glomus cf. glomerulatum* se encontró en *Saccharum officinarum*, *Musa paradisiaca* y *Cynodon nlemfuensis*. *Glomus cf. manihotis* se encontró únicamente en el sistema de producción agrícola en los hospederos *Manihot esculenta* y *Musa paradisiaca*.

La compleja relación celular entre las raíces y los HMA necesita de un continuo reconocimiento y cascada de señales de intercambio entre ambos simbioses,

Tabla 3. Descripción de las esporas de HMA aisladas en rizósferas del sistema de producción pecuario de la “Granja la Esperanza”.

HMA	Color	Forma / Superficie	Tamaño(μm)	Pared / Grosor	Especie que coloniza
<i>Acaulospora</i> sp 2.	Marrón clara	Globosa	Ancho: 72,5	L1 Marrón clara 10 μm con cicatriz de conexión hifal	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
<i>Ambispora</i> cf. <i>brasiliensis</i>	Amarilla dorada clara	Globosa	Ancho: 60	L1 Amarilla clara 5 μm	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
<i>Glomus</i> cf. <i>glomerulatum</i>	Amarilla oscura	Globosa o subglobosa	Ancho:62,5 Alto: 87,5	L1 Marrón oscura 5 μm L2 Amarilla oscura 7,5 μm con 2 cicatrices de conexión hifal	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
<i>Glomus</i> cf. <i>rubiformis</i>	Marrón dorada clara	Globosa o subglobosa	Ancho: 27,5	L1 Marrón clara 5 μm Conexión hifal en forma de embudo 7,5 μm de largo y 5 μm de ancho	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
<i>Glomus</i> sp.5	Amarilla dorada oscura	Globosa o subglobosa	Ancho : 85 Alto: 125	L1 Amarilla dorada oscura 7,5 μm L2 Amarilla clara 5 μm	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
<i>Glomus</i> sp.6	Marrón dorada oscura	Globosa o subglobosa	Ancho:67,5 Alto: 80	L1 Marrón dorada oscura 7,5 μm L2 Marrón oscura 5 μm	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
<i>Glomus</i> sp. 7	Marrón dorada clara	Globosa o subglobosa	Ancho: 5	L1 Marrón clara 2,5 μm	<i>Cynodon nlemfuensis</i>

L1: pared más externa, L2: pared más interna.

Continuación tabla 3

HMA	Color	Forma / Superficie	Tamaño (µm)	Pared / Grosor	Especie que coloniza
<i>Glomus</i> sp. 8	Marrón clara	Globosa o subglobosa	Ancho:67,5 Alto: 72,5	L1 Marrón clara 5 µm L2 Marrón clara 2,5 µm	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
<i>Pacispora</i> sp.	Marrón clara	Globosa o subglobosa	Ancho: 75	L1 Marrón oscura 7,5 µm con cicatriz de conexión hifal	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
<i>Sclerocystis cf. clavispora</i>	Marrón dorada oscura	Subglobosa	Ancho:80 Alto: 22,5	L1 Marrón dorada oscura 5 µm Conexión hifal en forma de embudo 10 µm de largo y 5 µm de ancho	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
<i>Glomus cf. corymbiforme</i>	Hialinae	Globosa o Subglobosa	Ancho: 58,3	L1 hialina 5µm con conexión hifal fusionada de contextura viscosa	<i>Cynodon nlemfuensis</i> <i>Pennisetum purpureum</i>
<i>Entrophospora cf. baltica</i>	Amarilla dorada oscura	Globosa	Ancho: 32,5	L1 Amarilla dorada oscura 2,5 µm Pared evanescente 7,5µm	<i>Pennisetum purpureum</i>
<i>Funneliformis</i> sp.	Blanca brillante	Globosa o subglobosa	Ancho:47,5 Alto: 45	L1 Blanca brillante 5 µm con conexión hifal de 12,5 µm de largo y 10 µm de ancho	<i>Pennisetum purpureum</i>
<i>Glomus</i> sp. 13	Blanca pálida	Globosa o subglobosa	Ancho:37,5 Alto: 42,5	L1 Blanca pálida 5 µm con conexión hifal de 15 µm de largo y 7,5µm de ancho	<i>Pennisetum purpureum</i>

L1: pared más externa, L2: pared más interna.

Continuación tabla 3

HMA	Color	Forma/Superficie	Tamaño( $\mu\text{m}$ )	Pared / Grosor	Especie que coloniza
<i>Glomus</i> sp. 14	Amarilla oscura	Globosa o subglobosa	Ancho: 67,5	L1 Amarilla oscura 5 $\mu\text{m}$ L2 Amarilla clara 5 $\mu\text{m}$ Conexión hifal en forma de embudo 20 $\mu\text{m}$ de largo y 12,5 $\mu\text{m}$ de ancho	<i>Pennisetum purpureum</i>
<i>Glomus</i> sp. 15	Amarilla oscura	Globosa o subglobosa	Ancho: 52,5	L1 Amarilla oscura 2,5 $\mu\text{m}$	<i>Pennisetum purpureum</i>

L1: pared más externa, L2: pared más interna.

Tabla 4. . Especies de HMA identificadas en la rizósfera de los distintos hospederos evaluados en los sistemas de producción agrícola y pecuario en la “Granja la Esperanza”.

Especie de HMA	Sistema de producción agrícola			Sistema de producción pecuario	
	a	b	c	d	e
<i>Glomus cf. corymbiforme</i>	X			X	X
<i>Glomus cf. microcarpum</i>	X				
<i>Glomus cf. tortuosum</i>	X				
<i>Glomus sp. 9</i>	X				
<i>Glomus sp. 10</i>	X				
<i>Acaulospora sp.1</i>	X				
<i>Glomus cf. manihotis</i>	X		X		
<i>Paraglomus sp. 1</i>		X			
<i>Glomus sp. 11</i>		X			
<i>Glomus sp. 12</i>		X			
<i>Glomus cf. glomerulatum</i>		X	X	X	
<i>Glomus cf. viscosum</i>		X			
<i>Glomus cf. pustulatum</i>			X		
<i>Glomus sp. 1</i>			X		
<i>Glomus sp. 2</i>			X		
<i>Glomus sp. 3</i>			X		
<i>Glomus sp. 4</i>			X		
<i>Glomus cf. aggregatum</i>			X		
<i>Acaulospora sp. 2</i>			X	X	
<i>Paraglomus sp. 2</i>			X		
<i>Glomus cf. macrocarpum</i>			X		
<i>Ambispora cf. brasiliensis</i>				X	
<i>Glomus sp.5</i>				X	
<i>Glomus sp.6</i>				X	
<i>Sclerocystis cf. clavispora</i>				X	
<i>Glomus sp. 7</i>				X	
<i>Glomus sp. 8</i>				X	
<i>Glomus cf. rubiformis</i>				X	
<i>Pacispora sp.</i>				X	

a: *Manihot esculenta*, b: *Saccharum officinarum*, c: *Musa paradisiaca*, d: *Cynodon nlemfuensis*, e: *Pennisetum purpureum*.

Continuación tabla 4.

Especie de HMA	Sistema de producción agrícola			Sistema de producción pecuario	
	a	b	c	d	e
<i>Glomus</i> sp. 13					X
<i>Funneliformis</i> sp.					X
<i>Entrophospora cf. baltica</i>					X
<i>Glomus</i> sp. 15					X
<i>Glomus</i> sp. 14					X
<b>Total</b>	7	5	11	11	6

a: *Manihot esculenta*, b: *Saccharum officinarum*, c: *Musa paradisiaca*, d: *Cynodon nlemfuensis*, e: *Pennisetum purpureum*.

los cuales regulan este tipo de relación mutualista (Gianinazzi-Pearson *et al.*, 1996; Harrison, 1999). Diversos estudios del comportamiento de la colonización sobre varias combinaciones planta-hongo han demostrado que el desarrollo de HMA involucra un número de etapas bien definidas y exactas, en las cuales, parece probable que ocurran alteraciones en la expresión de genes de la planta o del hongo (Franken y Requena, 2001). Estos mismos autores aseveran que las estrategias que han sido utilizadas con el fin de explicar el proceso y regulación de la simbiosis micorrízica, son el análisis proteómico y la identificación de genes expresados diferencialmente durante el proceso de colonización y funcionamiento del hongo micorrízico.

En estudios de campo, se ha demostrado que la secuencia de cosechas modifica la comunidad de HMA y la composición de especies presentes en el suelo. En secuencias continuas de maíz y soya se observó la prevalencia de una especie de HMA por cosecha, favoreciendo a la especie más benéfica o compatible para la cosecha en producción y llevando a estado de latencia a las especies de HMA menos

compatibles (Jhonson *et al.*, 1992).

Aunque en estudios de aislamiento de esporas de HMA en condiciones de laboratorio, se encontró que la simbiosis micorrizica carece de especificidad taxonómica (Smith y Read, 1997), hay evidencia de que existe un grado de especificidad marcado en la relación HMA - hospedero en ecosistemas naturales (Rosendahl *et al.*, 1994; Sanders y Fitter 1992). Esto puede deberse a que algunas plantas brindan un mayor beneficio a los HMA que otras, lo cual se refleja en la diferencia de la cantidad de esporas producidas (Gazey *et al.*, 1992).

Obviamente no todas las especies de HMA son equivalentes; existe una cierta compatibilidad funcional entre la planta, el suelo y el hongo de las cuales hay combinaciones que funcionan mejor que otras (Van der Heijden *et al.*, 1998). De allí la importancia del tema de la especificidad HMA – hospedero al momento de utilizar este recurso como fertilizante en sistemas agrícolas sustentables ya que se requiere la aplicación de un protocolo previo en la parcela o suelo para saber si es necesaria o no la inoculación y, de serlo, saber cuáles serian los inóculos de HMA más adecuados para aplicar, lo cual va a depender del número de esporas presentes en la comunidad de HMA nativas, del potencial micorrizico y de los niveles nutricionales del suelo (Cuenca *et al.*, 2007).

Gemma *et al.* (1989), asevera que la ocurrencia de muchas especies de HMA en el suelo o dentro de la raíz sugiere que la competencia interespecífica es posible, lo cual puede deberse al antagonismo de especies.

## CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias no significativas en la frecuencia de micorrización (% F) y riqueza arbuscular (%A) en el sistema radical de las diferentes especies vegetales y sistemas de producción (agrícola y pecuario) estudiados.

Se encontraron diferencias significativas entre el número de esporas totales por sistemas de producción, siendo el sistema de producción agrícola el que obtuvo la mayor abundancia de esporas con un aproximado de 420 esporas por 100 g de suelo.

No se encontraron diferencias significativas entre el número de esporas totales por hospederos.

Se encontró presencia de esporas de HMA en la rizósfera de todas las especies hospederas estudiadas (*Manihot esculenta*, *Musa paradisiaca*, *Saccharum officinarum*, *Cynodon nlemfuensis* y *Pennisetum purpureum*).

Se identificaron esporas de HMA de los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Paraglomus*, *Ambispora*, *Sclerocystis*, *Pacispora*, *Funneliformis* y *Entrophospora*, con predominancia del género *Glomus*.

Existe especificidad de las especies de HMA identificadas y los hospederos.

Los resultados de esta investigación permiten deducir que la implementación de un trato ecológico en los sistemas agrícola y pecuario de la “Granja la Esperanza” permite un buen desarrollo de los HMA en el suelo favoreciendo el establecimiento de una relación beneficiosa HMA – hospedero conservando la calidad del suelo.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda hacer estudios de la misma índole en la “Granja la Esperanza” en el sector Tarabacoa, municipio Bolívar del estado Sucre en época lluviosa para evaluar el comportamiento de los HMA ante los cambios climáticos.

Se sugiere comparar los resultados de esta investigación con trabajos realizados en ambientes con tratos agresivos con agroquímicos para comparar las condiciones del suelo, el número y riqueza de HMA presentes.

Se aconseja a los agricultores el establecimiento de manejos ecológicos para el desarrollo agrícola, como lo es la implementación de fertilizantes naturales entre estos los HMA en sustitución de los agroquímicos.

## BIBLIOGRAFÍA

Abbott, L. y Robson, A. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizas. *Agriculture, ecosystems and environment*, 35: 121 - 150.

Abril, A. 2002. La microbiología del suelo: su relación con la agricultura sustentable. En: *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. Sarandon, S. (ed). Ediciones Científicas Americanas, Buenos Aires. Págs: 153 - 173.

Agrios, G. 1985. *Fitopatología*. Segunda edición. Editorial Limusa. México.

Agrios, G. 2005. *Plant pathology*. Quinta edición. Editorial Academic Press. México.

Altieri, M. Nicholls, C. 2000. *Teoría y Práctica para una Agricultura Sustentable*. Agroecología. Editorial PNUMA. México.

Arismendi, L. 2001. Investigación sobre el cultivo de *Manihot esculenta* (*Manihot esculenta* Crantz) en el oriente de Venezuela. *UDO Agrícola*, 1(1): 1 - 10.

Azcón-Aguilar, C. y Barea, J. 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens an overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza*, 6: 457 - 464.

Azcón-Aguilar, C.; Barea, J. y Roldan, F. 1984. Avances recientes en el estudio de micorrizas VA. I) Formación, funcionamiento y efectos en nutrición vegetal. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 2: 659-677.

Azcón, G. y Barea, M. 1980. Micorrizas. *Investigación-Ciencia*, 47: 8 - 16.

Bago, B.; Pfeffer, P.; Abubaker, J.; Jun, J.; Allen, J.; Brouillette, J.; Douds, D.; Lammers, P. y Shachar-Hill, Y. 2003. Carbon export from arbuscular mycorrhizal roots involves the translocation of carbohydrate as well as lipid. *Plant Physiology*, 131: 1 - 11.

Barea, J. y Azcón-Aguilar, C. 2002. Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Ingenta*, 81(9): 343 - 351.

Beltrano, J. y Ronco, M. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus

*Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 20(1): 29 - 37.

Bethlenfalvay, G.; Cantrell, I.; Mihara, K. y Schreiner, R. 1999. Relationships between soil aggregation and mycorrhizae as influenced by soil biota and nitrogen nutrition. *Biology and Fertility of Soil*, 28: 356 - 363.

Biró, I. y Trakács, T. 2006. Study of adaptability of different *Glomus mosseae* strains to soil heavy metal content. *Cereal Research Communications*, 34(1): 127 - 130.

Bolan, N. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plants Soil*, 134: 189 - 207.

Bravo, C. 2002. El laboreo de conservación en Venezuela. *Review Agroecology*, 1(1): 15 - 30.

Brundrett, M. 1991. Mycorrhizas in natural ecosystems. *Advances in Ecological Research*, 21: 171 - 313.

Cadavid, L. 2000. Nutrición del cultivo de yuca (*Manihot esculenta*). En: Cursos de capacitación en sistemas de producción *Manihot esculenta*, Santo Domingo de los Colorados, Ecuador. Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la *Manihot esculenta*. Editorial Palmira. Colombia.

Cuenca, G.; Caceres, E.; Oirdobro, G.; Hasmy, Z. y Urdaneta, C. 2007. Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Interciencia*, 32(1):22 - 29.

Dhillion, S. y Anderson, R. 1993. Seasonal dynamics of dominant species of arbuscular mycorrhizae in burned and unburned sand prairies. *Canadian Journal of Botany*, 71: 1625 - 1630.

Dodd, J.; Arias, I.; Koomen, I.; y Hayman, D. 1990. The management of populations of vesicular arbuscularmycorrhizal fungi in acid-infertile soils of a savanna ecosystem. I. The effect of pre-croppingand inoculation with VAM-fungi on plant growth and nutrition in the field. *Plant and Soil*, 122: 229-240.

Dodd, C.; Clapp, J. y Zhao, B. 2001. "Arbuscular mycorrhizal fungi in plant production systems: detection, taxonomy, conservation and ecophysiology". <[http://www2.dijon.inra.fr/mychintec/Protocole/Workshop\\_Procedures.html](http://www2.dijon.inra.fr/mychintec/Protocole/Workshop_Procedures.html)>. (20-11-2010).

Ezawa, T.; Smith, S. y Smith, F. 2002. P metabolism and transport in AM fungi. *Plant and Soil*, 244: 221 - 230.

Franken, P.; Donge, K.; Grunwald, U.; Kost, G.; Karl-Heinz, R.; Tamasloukht, M.; Waschke, H. y Zeuske, A. 2007. Gene expression analysis of arbuscule development and functioning. *Phytochemistry*, 68(1): 68-74.

Franken, P. y Requena, N. 2001. Analysis of gene expression in arbuscular mycorrhizas: new approaches and challenges. *New Phytologist*, 150: 517 - 523.

García-Garrido, J. y Ocampo, J. 1989. Interacción entre *Glomus mosseae* y *Pseudomonas syringae* en la rizósfera de plantas de tomate. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 5: 1679-1685.

Gazey, C.; Addot, L. y Rodson, A. 1992. The rate of development of mycorrhiza effects the onset of sporulation and production of external hyphae by two species of *Acaulospora*. *Mycological Research*, 96: 643 - 650.

Gemma, J.; Carriero, T. y Koske, R. 1989. Seasonal dynamics of selected species of VA mycorrhizal fungi in a sand. *Mycology Research*, 92: 317 - 321.

Gerdemann, J. y Nicolson, T. 1963. Spore mycorrhizal endogone extracted soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 73: 261-270.

Gerdemann, W. y Trappe, M. 1974 The endogonaceae in the Pacific Northwest. *Mycological Memoir*, 5: 1 - 76.

Gianinazzi-Pearson, V.; Dumas-Gaudot, E.; Gollote, A.; Tahiri-Alaoui, J. y Gianinazzi, S. 1996. Cellular and molecular defence-related root responses to invasion by arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 133: 45 - 57.

Gliessman, S. 2001. *Agroecología*. Procesos ecológicos en agricultura sustentable. Segunda edición. Editora da Universidade. Rio Grande do Sul. Brasil.

Harley, J. y Smith, S. 1983. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press. London.

Harrier, L. y Watson C. 2003. The role of arbuscular mycorrhizalfungi in sustainable cropping systems. *Advances in Agronomy*, 20:185 - 225.

Harrison, M. 1999. Molecular and cellular aspects of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular*, 50: 361 - 389.

International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM). 1999. "Taxonomy the fungi mycorrhizal arbuscular". <<http://invam.caf.wvu.edu/fungi/taxonomy/mycorrhizas>>. (5-10-2010).

Johnson, N.; Copeland, P.; Crookston, R. y Pflieger, F. 1992. Mycorrhizae: Possible explanation for yield decline with continuous corn and soybean. *Agronomy Journal*, 84: 387 - 390.

Kahiluoto, H.; Ketoja, E.; Vestberg., M. y Saarela, I. 2001. Promotion of AM utilization through reduced P fertilization II. Field studies. *Plant and Soil*, 122: 137 - 142.

Kabir, Z.; O'Halloran, I. y Hamel, C. 1997. Overwinter survival of arbuscular mycorrhizal hyphae is favoured by attachment roots but diminished by disturbance. *Mycorrhiza*, 7: 197 - 200.

Klironomos, J.; McCune, M. y Neville, J. 2000. The influence of arbuscular mycorrhizae on the relationship between plant diversity and productivity. *Ecology Letters*, 3: 137 - 141.

Lárez, C. 1991. Efecto de la micorriza nativa y la aplicación de N-P-K sobre la micorrización, contenidos minerales, crecimiento y desarrollo de yuca (*Manihot sculenta* Crantz). Trabajo de Ascenso. Universidad de Oriente. Jusepín. Núcleo de Monagas. Venezuela.

Liasu, M. y Ogundola, A. 2006. Effects of pre- and post-transplant inoculation with *Glomus mosseae* on heavy metal (cadmium) absorption by potted tomato plants. *Middle East Journal of Scientific Research*, 1(1): 16 - 22.

Lovera, M. 2004. Ecología y distribución: Hacia una biogeografía de los hongos micorrízicos-arbusculares. Postgrado en Ecología. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

Menge, J.; Johnson. E. y Minassian, V. 1979. Effect of heat treatment and three pesticides upon the growth and reproduction of the mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatus*. *New Phytologist*, 82: 473 - 480.

Morton, J.; Bentivenga, S. y Wheeler, W. 1993. Germplasm in the international collection of arbuscular and vesiculararbuscular mycorrhizal fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation and storage. *Mycotaxon*, 48: 491 - 528.

Murkute, A.; Sharma, S. y Singh, S. 2006. Studies on salt stress tolerance of

citrus rootstock genotypes with arbuscular mycorrhizal fungi. *Horticultural Science (Prague)*, 33(2): 70 - 76.

Núñez, D. y Romero, I. 2007. Sistemas alternativos de producción agrícola. Trabajo de ascenso. Departamento de Agricultura, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Cuba.

Oehl, F.; Sieverding, E.; Ineichen, K.; Mäder, P.; Boller, T. y Wiemken, A. 2003. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of central Europe. *Applied and Environmental Microbiology*, 69: 2816 - 2824.

Ortiz, R.; De la Fe, C. y Lara, J. 1998. Aportes a la tecnología de micropropagación de la caña de azúcar aplicada en Cuba. III. Uso de biofertilizantes y manejo de las vitroplantas en la fase de adaptación. *Cultivos Tropicales*, 19(3): 49 - 53.

Paredes, J. 2001. Efectos de tres niveles de fertilización y tres edades de corte sobre la calidad de cuatro gramíneas forrajeras en Zamorano. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. El zamorano. Honduras.

Peña-Venegas, C.; Cardona, G.; Mazorra, A.; Arguellez, J. y Arcos A. 2006. *Micorrizas arbusculares de la amazonia colombiana*. Catalogo Ilustrado. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Colombia.

Phillips, M. y Haymann, D. 1970. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular - arbuscular micorrhizae fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1): 158 - 161.

Rabie, G. y Almadini, A. 2005. Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress. *African Journal of Biotechnology*, 4(3): 210 - 222.

Restrepo, C.; Martinez, E.; Montenegro, E.; Caicedo, A. y Torres, E. 1993. Análisis sobre la actividad de hongos formadores de micorrizasvesículo arbusculares. En: *Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del occidente del departamento del Caquetá*. Estudios en la Amazonia colombiana. Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. Págs. 698 - 736.

Robertson, S.; McGill, W.; Massicotte, H. y Rutherford, P. 2007. Petroleum hydrocarbon contamination in boreal forest soils: a mycorrhizal ecosystems perspective. *Biology Research*, 82: 213 - 240.

Rodrigues, J. 2000. Producción del forraje y valor nutritivo del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensi*, Vanderyrst) en tres edades de corte. *Pasturas Tropicales Cali Colombia*, 22: 1 - 28.

Rosendahl, S.; Dodd, J. y Walker, C. 1994. Taxonomy and phylogeny of the Glomales. En: *Impact of arbuscular mycorrhizal symbiosis on sustainable agriculture and natural ecosystems*. Gianinazzi, S. y Schuepp, H. (eds). Editorial Birkhauser press, Basel, Switzerland. Págs. 1 - 12.

Salamanca, C. 2002. La biofertilización: una alternativa económica para la nutrición de la soya en el piedemonte llanero. Corpoica, PRONATTA, Boletín Técnico No 31, Editorial Guadalupe Ltda., Villavicencio- Meta. 24.

Sanders, I. y Fitter, A. 1992. The ecology and functioning of vesicular arbuscular mycorrhizas in co-existing grassland species II. Nutrient uptake and growth of vesicular - arbuscular mycorrhizal plants in a semi - natural grassland. *New phytologist*, 120: 525 - 533.

Sannazzaro, A.; Ruiz, O.; Albertó, E. y Menéndez, A. 2006. Alleviation of salt stress in *Lotus glaber* by *Glomus intraradices*. *Plant Soil*, 285: 279 - 287.

Sarandón, S. y Labrador, J. 2002. El uso de policultivos en una agricultura sustentable. En: *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. Sarandón, S. (ed). Ediciones Científicas Americanas. Págs: 189 - 222.

Schüssler, A. 2009. "Glomeromycota Phylogeny". <<http://www.lrz-muenchen.de/~schuessler/amphylo/>>. (20-10-2010).

Schüssler, A.; Schwartzzott, D. y Walker, C. 2001. A new phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research*, 105: 1413 - 1421.

Sieverding, E. 1991. *Vesicular-arbuscular mycorrhizal management in tropical agrosystems*. Technical cooperation. Federal Republic of Germany.

Smith, S. y Read, D. 1997. Mutualism y parasitism: biodiversity in function and structure in the arbuscular (AV) mycorrhizal symbiosis. *Advances in Botanical*, 22: 1 - 43.

Strack, D.; Fester, T.; Hause, B.; Schliemann, W. y Walter, M. 2003. Arbuscular mycorrhiza: biological, chemical and molecular aspects. *Journal of Chemical Ecology*, 29(25): 1955 - 1979.

Stürmer, L. y Bellei, M. 1994. Composition and seasonal variation of spore

populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the island of Santa Catalina, Brazil. *Canadian Journal of Botany*, 72(3): 359 - 363.

Tena, A. 2002. Presencia de hongos micorrízicos arbusculares en plantas silvestres de suelos salinos en el estado de Colima. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima, Tecomán, México.

Toro, M .; Bazó, I y López, M. 2008. Micorrizas arbusculares y bacterias promotoras de crecimiento vegetal, biofertilizantes nativos de sistemas agrícolas bajo manejos conservacionista. *Agronomía Tropical*, 58(3):78 - 83.

Trouvelot, A.; Kough, J. y Gianinazzi-Pearson, V. 1986. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. En: *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae*. Gianinazzi-Pearson, V. y Gianinazzi, S. (eds). INRA. Paris. Págs. 101 - 109.

Van der Heijden, M.; Klironomos, J.; Ursic, M.; Moutoglis, P., Streiwolf-Engel, R.; Boller, T.; Wiemken, A. y Sanders, I.1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396: 69 - 72.

Vargas, R. 1990. Micorrizas vesiculo arbusculares del bosque nuboso, Monteverde, Costa Rica. The growth of tree species in subtropical-tropical. *Agronomía Costarricense*, 4(1): 85 - 88.

Vega, M. y Rodríguez, A. 2004. *Uso de micorrizas en banano: logros y perspectivas*. Publicación especial. XVI Reunión Internacional ACORBAT, Oaxaca, México.

Velandia, D. 2006. Evaluación y caracterización de micorrizas arbusculares asociadas a yuca (*Manihot esculenta*) en dos regiones de la amazonia colombiana. Trabajo de pregrado. Facultad de Ciencias, Microbiología Agrícola y Veterinaria. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia.

## APÉNDICE

Tabla 1. Análisis de Kruskal-Wallis para porcentaje de micorrización (%F) por sistema de producción.

Sistema de producción	Tamaño muestra	Rango promedio
Agrícola	9	6,88889
Pecuario	6	9,66667

Kw = 0,238171,  $p > 0,05$ .

Tabla 2. Análisis de Kruskal-Wallis para porcentaje de micorrización (%F) por hospedero.

Hospederos	Tamaño Muestra	Rango Promedio
<i>Manihot esculenta</i>	3	2,66667
<i>Saccharum officinarum</i>	3	6,00000
<i>Musa paradisiaca</i>	3	12,00000
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	3	9,66667
<i>Pennisetum purpureum</i>	3	9,66667

Kw = 0,0874732,  $p > 0,05$ .

Tabla 3. Análisis de Kruskal-Wallis para riqueza arbuscular (%A) por sistema de producción.

Sistema de producción	Tamaño muestra	Rango promedio
Agrícola	9	8,88889
Pecuario	6	6,66667

Kw = 0,344048,  $p > 0,05$ .

Tabla 4. Análisis de Kruskal-Wallis para riqueza arbuscular (%A) por hospedero.

Hospedero	Tamaño Muestra	Rango Promedio
<i>Manihot esculenta</i>	3	6,66667
<i>Saccharum officinarum</i>	3	9,00000
<i>Musa paradisiaca</i>	3	11,00000
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	3	4,00000
<i>Pennisetum purpureum</i>	3	9,33333

Kw = 0,34669,  $p > 0,05$ .

Tabla 5. Análisis de Kruskal-Wallis para número de esporas totales por sistema de producción.

Sistema de producción	Tamaño muestra	Rango promedio
Agrícola	9	10,0
Pecuario	6	5,0

Kw = 0,0338916\*, p < 0,05.

Tabla 6. Análisis de Kruskal-Wallis para número de esporas totales por hospedero.

Hospedero	Tamaño muestra	Rango promedio
<i>Manihot esculenta</i>	3	12,00000
<i>Saccharum officinarum</i>	3	7,33333
<i>Musa paradisiaca</i>	3	10,66670
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	3	7,00000
<i>Pennisetum purpureum</i>	3	3,00000

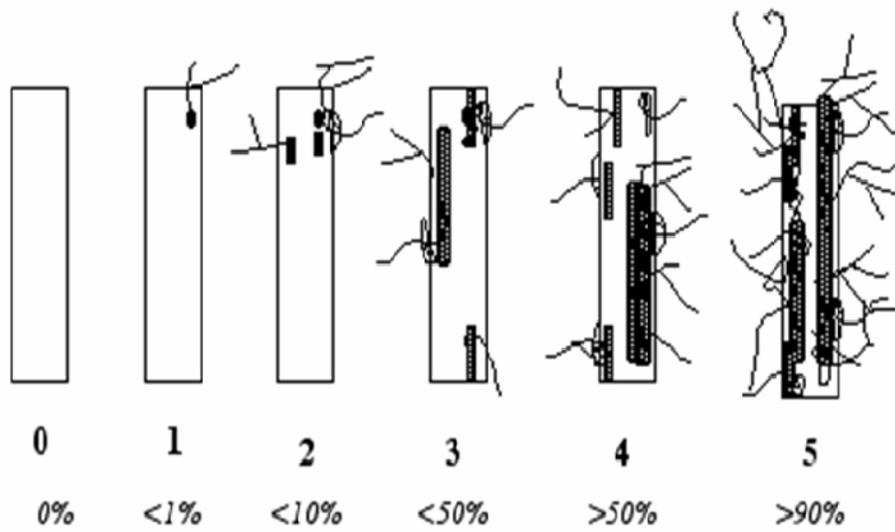
Kw = 0,114685, p>0,05

Tabla 7 Análisis a *posteriori* (Duncan 95%) aplicado al número de esporas totales por sistema de producción.

Sistema de producción	Casos	Media	Grupos homogéneos
Agrícola	9	208,111	a
Pecuario	6	125,000	b

## ANEXOS

### Infección micorrízica Clases del 0 al 5



### Abundancia de arbusculos

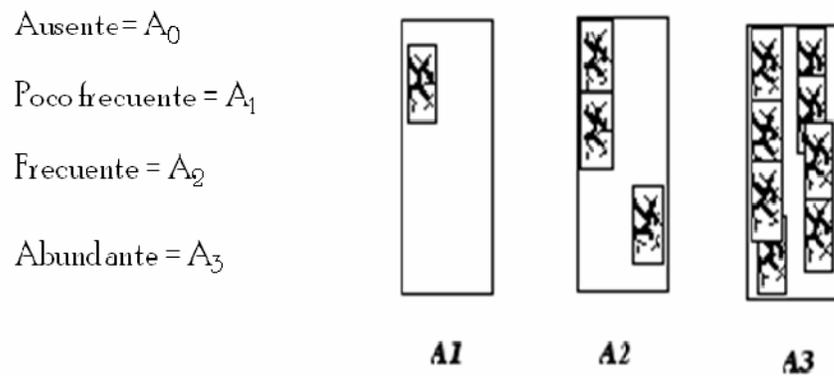


Figura 10. Estimación de infección micorrízica y abundancia arbuscular según Trouvelot *et al.* (1986).

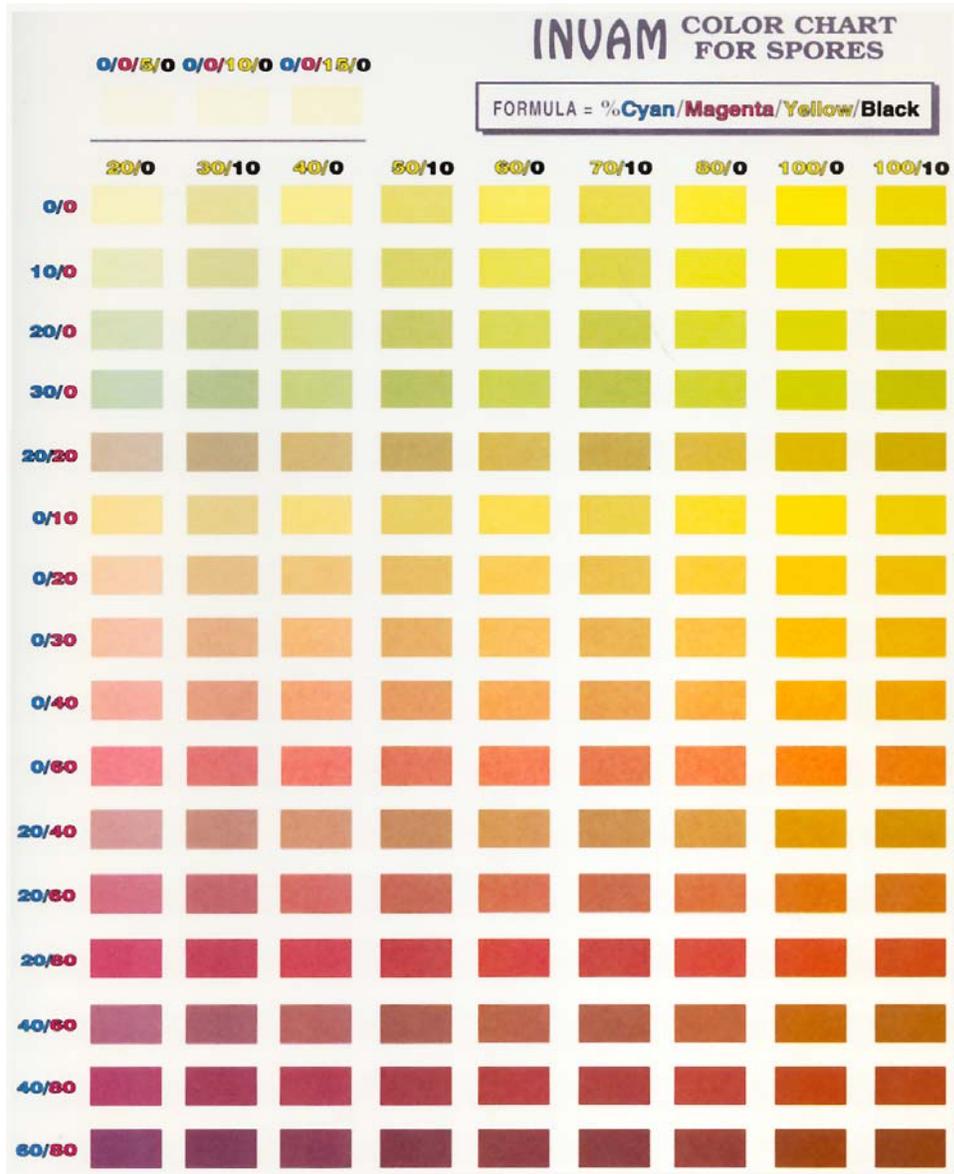


Figura 11. Carta de colores para esporas de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA).

## **HOJA DE METADATOS**

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	EVALUACIÓN DE MICORRIZAS ARBUSCULARES EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, AGRÍCOLA Y PECUARIO, EN LA “GRANJA LA ESPERANZA” EN EL SECTOR TARABACOA, MUNICIPIO BOLÍVAR DEL ESTADO SUCRE
<b>Subtítulo</b>	

### Autor (es):

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
	Marcano Pereda Rosmarí Lucía	<b>CVLAC</b>
<b>e-mail</b>		Ositho23d2008@yahoo.es
<b>e-mail</b>		
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

### Palabras o frases claves:

Micorrizas arbusculares
Raíz
Agricultura sostenible
Policultivos
Ecológico
Agrobiología

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Biología
	Botánica
	Agrobiología

### Resumen (abstract):

En “La Granja La Esperanza” se mantiene un sistema de preservación de la calidad biológica de los suelos con sistemas de producción agrícola y pecuario libre de agroquímicos, esto hizo posible estudiar la frecuencia y riqueza de los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) en cultivos de gran importancia alimenticia como *Manihot esculenta* (yuca), *Saccharum officinarum* (caña de azúcar), *Musa paradisiaca* (plátano) y dos gramíneas *Pennisetum purpureum* (pasto elefante) y *Cynodon nlemfuensis* (pasto estrella) de interés en la alimentación de ganado en un ambiente que permite el desenvolvimiento natural de los micro y macro organismos. Se utilizó el método de Trouvelot para determinar la frecuencia micorrizica (%F) y riqueza arbuscular (%A) por especie y por sistema de producción en las muestras de rizósfera seleccionadas. No se encontraron diferencias significativas en %F y %A tanto para los sistemas de producción como para los hospederos; sin embargo, se encontraron diferencias significativas en el número de espora por 100 g de suelo según el sistema de producción, con un mayor número de esporas en el sistema de producción agrícola. Se identificaron especies de HMA de los géneros *Acaulospora*, *Glomus*, *Paraglomus* y *Sclerocystis* entre otros. Los resultados indican que las condiciones de sostenibilidad que se aplican en la granja permiten el establecimiento de la simbiosis de manera efectiva en el marco de un desarrollo ecológico, manteniendo un equilibrio y buen uso del ambiente.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Mimbela de Loroño Isabel.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	<b>15.575.530</b>
	e-mail	<i>isamimbela@hotmail.com</i>
	e-mail	
Valerio Rosanna.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	<b>11.655.957</b>
	e-mail	<i>valerio.rosanna@gmail.com</i>
	e-mail	
Velásquez Carlos.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	<b>5.186.829</b>
	e-mail	<i>cajovel@hotmail.com</i>
	e-mail	

### Fecha de discusión y aprobación:

Año      Mes      Día

2012	04	26
------	----	----

Lenguaje: spa

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

### Archivo (s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-MarcanoR.doc	Word 1997-2003

### Alcance:

Espacial: Nacional (Opcional)

Temporal: Temporal (Opcional)

### Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciada en Biología, Área Agroecología.

Nivel Asociado con el Trabajo: Licenciada

Área de Estudio: Biología

### Institución (es) que garantiza (n) el Título o grado:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA  
RECIBIDO POR *Martínez*  
FECHA *5/8/09* HORA *5:30*

La presente comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

*Juan A. Bolanos Cunele*  
JUAN A. BOLANOS CUNELE  
Secretario



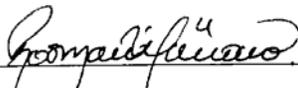
C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso- 6/6

**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) :** “los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización”.

  
Rosmarí Lucía Marcano Pereda  
AUTOR



  
Profa. Isabel Mimbela de Loroño.  
ASESOR