

**IDENTIFICACIÓN DE HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS  
ARBUSCULARES (HMA) EN CUATRO ESPECIES DE MOTILON SILVESTRE  
(*Freziera* sp H&B) EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO PASTO, DEPARTAMENTO  
DE NARIÑO**

**DEYSY MARISELLA MUÑOZ GUERRERO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
PASTO – COLOMBIA  
2008**

**IDENTIFICACIÓN DE HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS  
ARBUSCULARES (HMA) EN CUATRO ESPECIES DE MOTILON SILVESTRE  
(*Freziera* sp H&B) EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO PASTO, DEPARTAMENTO  
DE NARIÑO**

**DEYSY MARISELLA MUÑOZ GUERRERO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
INGENIERO AGROFORESTAL**

**PRESIDENTE DE TESIS  
ALBERTO EDISON UNIGARRO SANCHEZ I.A., M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
PASTO – COLOMBIA  
2008**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son de responsabilidad exclusiva de sus autores”.

Art. 1ro. del acuerdo No. 324 de Octubre del 11 de 1976, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

**ALBERTO UNIGARRO SANCHEZ I.A.; M.Sc.**  
**Presidente de Tesis**

---

**WILLIAM BALLESTERO POSSÚ I.Af.; M.Sc.**  
**Jurado delegado**

---

**JORGE FERNANDO NAVIA I.A.; Ph. D**  
**Jurado**

---

**JAIRO MUÑOZ ESTELLA I.Af.**  
**Jurado**

San Juan de Pasto, Abril 2008.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Alberto E. Unigarro Sanchez, I.A., M.Sc., por su apoyo, dedicación y asesoría, mediante los cuales hizo posible la culminación de ésta investigación.

Al personal de Laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño, por permitirme utilizar sus instalaciones y brindarme su apoyo desinteresado.

A Diego Botina, estudiante de Ingeniería Agroforestal, por su colaboración y acompañamiento en la primera fase de esta investigación.

A Jorge Vélez Lozano, I.Af., M.Sc., por su asesoría y apoyo prestado en esta investigación.

A Jorge Fernando Navia, I.A., Ph.D., por su colaboración y constante apoyo.

A William Ballesteros Possú, I.Af., M.Sc., por su colaboración y apoyo.

A Jairo Muñoz Estrella, I.Af., por los aportes prestados en esta investigación.

A la vicerrectoría de la Investigación, Postgrados y Relaciones Internacionales de la Universidad de Nariño (VIPRI), por la financiación del proyecto.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, por permitirme hacer parte del programa de Ingeniería Agroforestal.

A todas las personas que, de alguna u otra manera, contribuyeron a la realización de éste trabajo.

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme estar con las personas que más amo, a mi bebé Brian Alejandro por su inmensa alegría que me llena de vida, a mis padres por su nobleza, dedicación, confianza y su constante esfuerzo para mi formación personal y profesional y a mis hermanos por su apoyo y colaboración constante.

Deisy Marisella Muñoz Guerrero

## CONTENIDO

	<b>Pag.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	15
<b>1. MARCO TEÓRICO</b>	17
1.1. LAS MICORRIZAS	17
1.1.1. Generalidades.	17
1.1.2. Formación de micorrizas.	18
1.1.3. Tipos de micorrizas.	20
1.1.4. Micorrizas arbusculares.	21
1.1.5. Taxonomía de la micorriza arbuscular.	22
1.1.5.1. <i>Glomus</i> .	23
1.1.5.2. <i>Acaulospora</i> .	24
1.1.5.3. <i>Gigaspora</i> .	24
1.1.6. Funciones de las micorrizas arbusculares.	24
1.1.7. Factores que afectan la formación y función de las MA.	26
1.2. ESPECIES FORESTALES NATIVAS	31
1.3. GENERO <i>FREZIRA SP</i> (MOTILÓN SILVESTRE)	32
1.3.1. Descripción botánica del género <i>Freziera</i> .	32
1.3.2. Descripción botánica de las especies del género <i>Freziera</i> .	32
1.3.2.1. <i>Freziera candicans</i> H&B.	32
1.3.2.2. <i>Freziera canenses</i> H&B.	34
1.3.2.3. <i>Freziera nervosa</i> H&B.	34
1.3.2.4. <i>Freziera suberosa tulasne</i> H&B.	36
1.4. ESTUDIOS REALIZADOS CON MICORRIZAS ARBUSCULARES EN ESPECIES FORESTALES EN LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO	36
<b>2. DISEÑO METODOLÓGICO</b>	39
2.1. LOCALIZACIÓN	39
2.1.1. Descripción de la zona.	39
2.2. METODOLOGÍA	41
2.2.1. Diseño Experimental.	41
2.2.2. Revisión de fuentes secundarias.	41
2.2.3. Fase de campo.	42
2.2.3.1. Muestreo de raíces y suelo.	42
2.2.4. Fase de laboratorio.	43
2.2.4.1. Tinción del hongo en la raíz y determinación de la infección.	43
2.2.4.2. Aislamiento de esporas del suelo.	44
2.2.4.3. Identificación de las esporas de MA.	44
2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	44
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	47

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DONDE SE LOCALIZÓ EL MOTILÓN SILVESTRE ( <i>Freziera sp</i> )	47
3.2. PORCENTJE DE INFECCIÓN EN RAÍCES	50
3.3. IDENTIFICACIÓN DE ESPORAS DE MA	55
<b>4. CONCLUSIONES</b>	65
<b>5. RECOMENDACIONES</b>	66
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	67
<b>ANEXOS</b>	72

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pag.</b>
Cuadro 1. Porcentaje de infección en raíces de Motilón silvestre ( <i>Freziera Sp</i> )	50
Cuadro 2. Identificación de géneros de HMA en Motilón silvestre ( <i>Freziera Sp</i> )	56

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
Figura 1. Morfología del género <i>Freziera</i> .	33
Figura 2. <i>Freziera candicans</i> H&B.	34
Figura 3. <i>Freziera canensces</i> H&B.	35
Figura 4. <i>Freziera nervosa</i> H&B.	35
Figura 5. <i>Freziera suberosa tulasne</i> H&B.	36
Figura 6. Localización geográfica de la cuenca alta del río Pasto.	40
Figura 7. Áreas de muestreo (modalidades de crecimiento).	42
Figura 8. Proceso de tinción de raíces.	45
Figura 9. Proceso de aislamiento de esporas.	46
Figura 10. Estructuras infectivas externas e internas de la MA en raíces de Motilón silvestre ( <i>Freziera sp</i> ).	51
Figura 11. Porcentaje de infección por MA en raíces de Motilón silvestre ( <i>Freziera sp</i> ).	54
Figura 12. Esporas de <i>Glomus spp</i> presentes en <i>Freziera sp</i> .	57
Figura 13. Esporas de <i>Acaulospora spp</i> presentes en <i>Freziera sp</i> .	60
Figura 14. Esporas de <i>Gigaspora spp</i> presentes en <i>Freziera sp</i>	62

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pag.</b>
Anexo 1. Coloración del hongo en la raíz y determinación de la infección	73
Anexo 2. Método para la separación de esporas del suelo	74
Anexo 3. Análisis de los suelos de bosque secundario, árboles dispersos en potreros y linderos.	75
Anexo 4. Análisis de varianza para el porcentaje de infección en raíces de Motilón silvestre ( <i>Freziera sp</i> )	76

## GLOSARIO

**APRESORIO:** apéndice especializado del micelio; el extremo de una hifa o tubo germinativo se hincha, fija el hongo al sustrato u hospedero, e imitando una bomba neumática, ejerce presión sobre el tejido a colonizar y facilita la penetración del hongo.

**ARBUSCULO:** estructura de corta vida (de 1 a 3 semanas) cuya presencia es indicativa de la actividad metabólica asociada al transporte de sustancias a través de membranas.

**AZIGOSPORA:** zigospora formada por partenogénesis; es decir, desarrollo vegetativo de células sexuales en ausencia de copulación.

**BOSQUE SECUNDARIO:** bosque generado por la acción antrópica, que ha afectado grandes áreas del bosque primario. La estructura y composición florística de la comunidad tiende hacia la homogeneidad.

**CLAMIDOSPORA:** esporas de hongos recubiertas de paredes gruesas, se reproducen asexualmente a partir de una célula o una porción de hifa. Son capaces de sobrevivir en condiciones desfavorables para el desarrollo de otras estructuras del hongo.

**CUNEADA:** con una base de angosta a ancha, en forma de cuña, aguda y con los lados rectos.

**ECTOMICORRIZAS:** agrupaciones de micorrizas en las cuales las hifas del hongo envuelven los segmentos de raíces colonizadas y se entretajan alrededor de ellos formando una estructura anatómica llamada manto.

**ENDOMICORRIZAS:** se caracterizan por la presencia del hongo inter e intracelularmente, ausencia de manto y acentuadas modificaciones anatómicas en las raíces no visibles a simple vista.

**ESPORAS:** célula reproductora asexual que forman numerosos hongos en plantas; son resistentes al calor, desecamiento y otras condiciones adversas. Suelen formarse por división celular dentro de una estructura llamada esporangio.

**HIFAS:** elemento uni o pluricelular, tubular o filamentoso, cuyo conjunto constituye el micelio de los hongos. Pueden ser septadas o aseptadas.

**INFECTIVO:** que causa infección. Cuando el hongo penetra en raíces jóvenes por sitios fisiológicamente funcionales.

**MICELIO:** conjunto de hifas que constituyen la parte vegetativa (talo) de un hongo filamentoso.

**MICORRIZA:** simbiosis mutualista entre algunos hongos del suelo y las raíces de las plantas.

**MICOSIMBIONTE:** hongo asociado en simbiosis.

**MICOTROFIA OBLIGADA:** cuando la planta depende de la MA para poder desarrollarse y crecer.

**MICROTOFIA FACULTATIVA:** aunque la planta presente MA, su grado de dependencia para sobrevivir y desarrollarse es relativo.

**OVADA:** forma de huevo, con la parte más ancha hacia la base y el ápice obtuso o agudo.

**PROPÁGULO:** parte del hongo capaz de infectar un hospedero. En el caso de MA pueden ser esporas, hifas externas o internas y vesículas fundamentalmente.

**RIZOSFERA:** zona alrededor de la raíz de la planta en la cual la actividad microbiana es muy intensa. Normalmente alcanza unos milímetros.

**SIMBIOSIS:** asociación interna entre dos organismos de diferentes especies, en el cual ambos obtienen beneficios nutricionales.

**VESÍCULA:** ensanchamientos terminales de las hifas que le sirven como reserva de carbono en forma de lípidos.

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la cuenca alta del río Pasto localizada geográficamente entre las coordenadas 1° 0.3' y 1° 16' latitud norte y entre 77° 8' y 77° 22' de longitud oeste de Greenwich y en ella se ubican las veredas El Carmen y Huecada pertenecientes al corregimiento de Buesaquillo, al sur oriente de municipio de Pasto, a una altura de 3003 a 3010 msnm respectivamente y en zonas de ladera con pendientes entre el 30 y el 70%.

Con el propósito de evaluar la presencia de MA se aplicó un diseño de bloques completos al azar (BCA), considerándose tres modalidades de crecimiento: bosque secundario, árboles dispersos en potrero y lindero (bloques) y cuatro tratamientos que correspondieron a las especies de Motilón silvestre: *F. candicans* H & B, *F. canensces* H & B, *F. nervosa* H & B y *F. suberosa tulasne* H & B.

Para el efecto se tomaron 72 muestras de raíces y suelo de la rizósfera de las cuatro especies de *Freziera* sp. A nivel de laboratorio se realizó el porcentaje de infección mediante la clarificación con KOH, tinción con azul de tripano y posteriormente su observación al microscopio para determinar el porcentaje de colonización y en el aislamiento de esporas, se utilizó el método de separación por tamizado en húmedo para su identificación.

Se encontró que el porcentaje de infección en raíces de las 36 muestras fluctuó entre 42.75% en *Freziera nervosa*, establecido en lindero y 29.76% para *F. canensces* en árboles dispersos en potrero. Los análisis estadísticos de éstos resultados no presentaron diferencias estadísticas significativas.

Se determinaron tres géneros de HMA: *Glomus*, *Acaulospora* y *Gigaspora*; los dos primeros géneros se encontraron en las tres modalidades de crecimiento y en las cuatro especies de *Freziera*, excepto el género *Gigaspora* que no se encontró en la especie *F. suberosa tulasne*.

Palabras clave: Micorriza, *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, Motilón silvestre (*Freziera* sp)

## ABSTRACT

The upper river basin Pasto is located geographically between coordinates, 1° 0.3' and 1° 16' north latitude and between 77° 8' and 77° 22' west of Greenwich and therein lie the sidewalks and El Carmen and Huecada belonging to the jurisdiction of Buesaquillo, south eastern town of Pasto, at an altitude of 3003 to 3010 msnm respectively and slope areas with slopes between 30 and 70%.

In order to evaluate the presence of MA was performed a randomized complete block (BCA), considering three types of growth: secondary forest, pasture and trees scattered boundary (blocks) and four treatments were species Motilón Silvestre: *F. candicans* H&B, *F. canensces* H&B, *F. nervosa* H&B and *F. suberoda tulasne*H&B.

To that end took 72 samples of soil from the roots and rhizosphere of the four species *Freziera* sp. At laboratory was the rate of infection by clarifying with KOH, staining blue tripano and later his observation under a microscope to determine the percentage of colonization and the isolation of spores, the method of separation by wet sieving for identification.

It was found that the rate of infection in roots of the 36 samples ranged from 42.75% in *Freziera nervosa*, established boundary and 29.76% for *F. canensces* trees scattered in pastureland. The statistical analysis of these results did not show statistically significant differences.

It identified three genres HMA: *Glomus*, *Acaulospora* and *Gigaspora*; first two gender were found in the three growth patterns and the four species *Freziera* except gender *Gigaspora* not found in the species *F. tulasne suberosa*.

Keywords: Mycorrhiza, *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, Motilón sivestre (*Freziera* sp).

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la producción agropecuaria y silvícola se ha enfocado en promover la utilización de insumos biológicos con el fin de hacer más sostenibles los recursos naturales y mantener la biodiversidad. Una estrategia válida para este tipo de agricultura es la utilización de microorganismos (habitantes naturales del suelo) benéficos para la planta<sup>1</sup>, entre ellos se encuentran las micorrizas arbusculares que son asociaciones simbióticas entre ciertos hongos del suelo y las raíces de plantas agrícolas y forestales.

Los beneficios más importantes que se presentan en esta simbiosis son: una mayor absorción de nutrientes por las plantas que se expresa en aumento de la producción y calidad, mayor tolerancia al estrés ambiental como sequía, condiciones desfavorables de pH, alto contenido de sales y exceso de humedad; tolerancia al ataque de organismos patógenos<sup>2</sup> y benefician las propiedades físicas del suelo favoreciendo la agregación de partículas a éste<sup>3</sup>.

La cuenca alta del río Pasto presenta actualmente una alta degradación<sup>5</sup> debido a la deforestación causada por la ampliación de la frontera agrícola, por lo que es necesario buscar alternativas que ayuden a mitigar estos efectos negativos. Es por ello que se han venido adelantando estudios acerca del comportamiento y beneficios del Motilón silvestre (*Freziera sp*), una de las especies nativas promisorias de esta zona; siendo utilizado por los agricultores como leña, en construcciones, delimitación de linderos, protección de cuencas hidrográficas y asociado a pastos naturales<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> MEJÍA, L.; PALENCIA, G. Abono orgánico, manejo y uso de un cultivo de cacao. [en línea]. [Perú]. [Citado Oct. 2007] Disponible en Internet: [URL:http://www.turipana.org.co/abono\\_cacao.htm](http://www.turipana.org.co/abono_cacao.htm).

<sup>2</sup> MONTANEZ, A. El estudio de las micorrizas arbusculares: limitantes y perspectivas. En: Agrociencia. Vol. 9 No. 1-2. Montevideo, Uruguay, 2005; p. 311-314.

<sup>3</sup> SANCHEZ DE PRAGER, Marina. Endomicorrizas en suelos tropicales. Palmira, Colombia, 2005. p. 247.

<sup>4</sup> PEÑAFIEL, J.; UNIGARRO, E. Determinación de la variabilidad, distribución y manejo del motilón silvestre (*Freziera sp*) en la cuenca alta del río Pasto, municipio de Pasto, departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2006, 92 p. Tesis de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

<sup>5</sup> *Ibid.*, p. 92.

En los estudios realizados sobre especies forestales nativas en el municipio de Pasto, por Cuayal y Ramírez (1993)<sup>6</sup>, León y Miranda (2001)<sup>7</sup> y Madroñero y Oviedo (2002)<sup>8</sup>, recomiendan algunas especies para la recuperación de áreas de protección, entre las cuales se encuentran el Motilón silvestre (*Freziera sp*) (especie forestal nativa la cuenca alta del río Pasto).

El Motilón silvestre (*Freziera sp*), a pesar de ser una especie nativa con gran potencial de utilidad, tiene problemas de propagación; es aquí que el conocimiento de las especies de hongos formadores de micorrizas arbusculares asociadas a éste, podría favorecer su propagación ya sea vegetativa o sexual, en condiciones de vivero o campo, al mejorar las condiciones del medio y así, en un futuro, se pueda adelantar investigaciones en procesos de reforestación, revegetalización y recuperación de los suelos degradados.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de identificar la presencia de HMA en la rizosfera y cuantificar el porcentaje de infección en raíces de cuatro especies de Motilón silvestre (*Freziera sp*): *F. candicans* H & B, *F. canensces* H & B, *F. nervosa* H & B y *F. suberosa tulasne* H & B desarrolladas bajo condiciones de bosque secundario, linderos y como árboles dispersos haciendo parte de praderas en la cuenca alta del río Pasto.

---

<sup>6</sup> CUAYAL, J.; RAMIREZ, B. Especies vegetales nativas aptas para la recuperación de áreas de protección de cuencas altas del municipio de Pasto. San Juan de Pasto, 1993, 323 p. Trabajo de grado (Especialización en Ecología). Universidad de Nariño, Escuela de postgrado.

<sup>7</sup> LEON, J.; MIRANDA, M. Estudio fenológico de diez especies forestales nativas en la microcuenca las Tiendas, municipio de Pasto. Pasto, Colombia, 2001, 136 p. Tesis de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

<sup>8</sup> MADROÑERO, S.; OVIEDO, E. Selección de especies nativas como una alternativa para la posible revegetalización del terreno correspondiente a los rellenos sanitarios de Plazuelas y Santa Clara del municipio de Pasto. San Juan de Pasto, 2002, 181 p. Trabajo de grado (Biología énfasis en Ecología). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. LAS MICORRIZAS

**1.1.1. Generalidades.** Para Paez<sup>9</sup>, la palabra “mycorhiza” se deriva del griego mykes, que significa hongo y rhyza, que hace referencia a las raíces de las plantas; fue propuesto por el botánico Alemán Albert Bernard Frank en 1885, para designar la asociación que se producía entre las hifas de algunos hongos del suelo, con los órganos subterráneos de la mayoría de las plantas superiores. En 1894, Frank demostró que la micorriza ayudaba a la planta a absorber los nutrimentos del suelo y no causaba daño a las raíces.

Se trata de una simbiosis prácticamente universal, no sólo porque casi todas las especies vegetales son susceptibles de ser micorrizadas sino también porque puede estar presente en la mayoría de los hábitats naturales<sup>10</sup>.

Las micorrizas son tan antiguas como las propias plantas y se conoce su existencia desde hace más de 100 años, estimándose que aproximadamente el 95% de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis con hongos de suelo<sup>11</sup>. Se ha estimado que en el trópico, aproximadamente el 71% de las especies vegetales forman micorrizas arbusculares, un 16% otros tipos de micorrizas y un 13.4% son no micorrizógenas.

Los géneros forestales *Prunus*, *Populus*, *Salix*, *Acacia* y *Casuarina*, entre otros, forman endo y ectomicorrizas. En otros casos, se han registrado endomicorrizas en *Eucaliptus sp*<sup>12</sup>.

La simbiosis supone una relación beneficiosa para los dos organismos implicados. Clásicamente se ha entendido esta simbiosis de la siguiente manera: el hongo coloniza la raíz de la planta y le proporciona nutrientes, minerales y agua,

---

<sup>9</sup> PAEZ, O. Las micorrizas: alternativa ecológica para una agricultura sostenible. [en línea]. [Colombia] 2006 [citado Oct., 2007]. Disponible en Internet: [URL:http://www.soil-fertility.com/micohize/espegnol](http://www.soil-fertility.com/micohize/espegnol).

<sup>10</sup> MONTANEZ, A. El estudio de las micorrizas arbusculares: limitantes y perspectivas. En: Agrociencia. Montevideo. Vol. 9 No. 1-2 (2005); p. 311-314.

<sup>11</sup> *Ibid.*, p. 311

<sup>12</sup> AZCON, C.; BAREA, J. Micorrizas. En: Biología vegetal. Libros de investigación y ciencia. España, 1988. p. 83 – 93.

que extrae del suelo por medio de su red externa de hifas, mientras que la planta le suministra al hongo sustratos energéticos y carbohidratos que elabora a través de la fotosíntesis<sup>13</sup>.

El establecimiento de estas asociaciones implica la creación de fuertes interdependencias, tanto es así que el hongo pasa a ser una parte más del sistema radical, tan perfectamente integrado en el mismo que se ve muy dificultado o incluso imposibilitado su desarrollo sin la presencia de su planta hospedadora, y ésta puede, a su vez, tener un rango de dependencia del hongo; a esto se le llama organismo dual<sup>14</sup>. Algunas plantas son micotróficas obligadas y por tanto, ven severamente disminuido su desarrollo; otras son micotróficas facultativas, pero bajo determinadas condiciones (por ejemplo, bajo contenido de fósforo en el suelo) crecen mucho mejor con ella y finalmente, unas pocas plantas no forman micorrizas<sup>15</sup>. Azcon y Barea, citados por Cadena y Cadena<sup>16</sup>, afirman que no se conoce una especificidad entre especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y especies determinadas de plantas, para formación de la simbiosis.

**1.1.2. Formación de la micorriza.** Las esporas de MA o trozos de hifas provenientes del suelo y de raíces de plantas colonizadas, germinan y se dividen, y dan origen a hifas que continúan la división una y otra vez, y forma un conjunto de hilos microscópicos que constituyen el micelio o fase vegetativa del hongo<sup>17</sup>.

La infección o colonización de una raíz por parte de un hongo micorrizógeno es un proceso que involucra una secuencia de etapas reguladas por una precisa interacción entre endosimbionte y hospedero<sup>18</sup>.

En términos generales, el desarrollo de la colonización es el siguiente:

---

<sup>13</sup> MONTANEZ, A. Op, cit., p. 312.

<sup>14</sup> PAEZ, O. Las micorrizas: alternativa ecológica para una agricultura sostenible. Op. cit.

<sup>15</sup> GUERRERO, E. Micorriza: fundamentos biológicos y estado del arte. En: Micorriza. Recurso biológico del suelo. Bogotá, Colombia, 1996. p. 1 – 46.

<sup>16</sup> CADENA, C.; CADENA, J. Evaluación de hongos formadores de micorrizas arbusculares en etapa de almacigo en cultivos de chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K.) cacao, (*Theobroma cacao* L.) y borojó (*Borojoa patinoi* Cuatrecasas), en Tumaco, Nariño, 2005. p 24.

<sup>17</sup> SANCHEZ DE PRAGER, M. Endomicorrizas en suelos tropicales. Palmira, Colombia, 2005, p 175.

<sup>18</sup> BASTIDAS, S.; SOLARTE, A. Determinación de hongos formadores de micorrizas arbusculares en los sistemas agroforestales tradicionales del municipio de Tumaco. Pasto, Colombia, 2004, 112 p. Tesis de grado (Ingeniería Agroforestal). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

- **Preinfección:** está asociada a la activación de los propágulos (puede ser esporas o micelio fúngico) infectivos presentes en el suelo que circula la raíz<sup>19</sup>. La estimulación de los micelios formados cuando alcanzan la rizosfera de una planta susceptible y la unión de la hifa infectiva a la superficie de la raíz y formación de los primeros puntos de penetración del hongo constituyen la fase de preinfección; mientras que el progreso de la infección en la raíz y el crecimiento del micelio externo en el suelo que la circunda son la fase de desarrollo de la micorriza<sup>20</sup>.
- **Penetración:** inicia con la formación de un punto de entrada que se caracteriza por un abultamiento o apresorio en el punto de contacto sobre la superficie de la raíz. Cada espora genera un punto de entrada, mientras que un segmento de raíz puede eventualmente originar más de uno; se necesita de un sitio fisiológicamente funcional para la penetración. Una vez producido el primer punto de entrada, la raíz se vuelve más propensa a la formación de nuevos puntos de infección<sup>21</sup>.
- **Colonización:** una vez penetra el hongo, se genera un proceso proliferativo que conduce al establecimiento de una unidad de colonización que se puede extender hasta 1 cm de distancia a partir del punto de penetración. La infección se extiende por la epidermis y parénquima cortical<sup>22</sup>. El hongo nunca penetra en la endodermis ni en los tejidos vasculares y meristemáticos, estableciendo una marcada diferencia con las infecciones radicales de hongos patógenos que sí penetran en los haces conductores y meristemas<sup>23</sup>.

La unidad de colonización avanza mediante el crecimiento de hifas aceptadas que se extienden por entre las células corticales y que generan estructuras características, como los arbuscúlos y las vesículas<sup>24</sup>. Los arbuscúlos son las estructuras responsables de la transferencia bidireccional de nutrientes entre los simbioses. Las vesículas son estructuras globosas e irregulares que actúan como órganos de reserva de lípidos<sup>25</sup>.

---

<sup>19</sup> Ibid., p. 112

<sup>20</sup> SMITH, S.; BOWEN, G. Soil temperature, mycorrhizal infection and nodulation of *Medicago truncatula* and *Trifolium subterraneum*. In: Soil biology and biochemistry. Vol. 11. 1979. p. 469 – 473.

<sup>21</sup> BAREA, J., *et al.* Morfología, anatomía y citología de las micorrizas vesículo-arbusculares. En: Fijación y movilización biológica de nutrientes. Vol. II. España, 1991. p 149 - 173.

<sup>22</sup> CARLING, D.; BROWN, M. Anatomy and physiology of vesicular-arbuscular and nonmycorrhizae roots. *Phytopath.* Vol. 72, No. 8. 1982. p 1104 – 1108

<sup>23</sup> MONTANEZ, A. Op, cit., p. 312.

<sup>24</sup> CARLING, D.; BROWN, M. Op, cit., p. 1104 – 1108.

<sup>25</sup> MONTANEZ, A. Op, cit., p. 311.

- **Desarrollo del micelio externo:** es un evento simultáneo al avance de la infección cortical. Actúa como un puente que conecta el suelo con el interior de la raíz. Las hifas externas se proyectan en el suelo algunos centímetros más allá de la superficie de la raíz e incluso pueden establecer vínculos con las raíces vecinas. La relación micelio externo e infección cortical tiene importancia porque es un indicador de actividad de la micorriza<sup>26</sup>.

Según Gil, citado por Montañez<sup>27</sup>, el micelio externo puede explorar un volumen de suelo inaccesible a las raíces; con ello la planta aumenta considerablemente su superficie de absorción, de 100 a 1000 veces, y por tanto su capacidad de captación de nutrientes y de agua.

- **Esporulación del hongo:** algunas semanas después de iniciada la infección, el hongo está en condiciones de esporular, lo cual está sujeto a las condiciones del suelo. La humedad parece ser un factor regulador de importancia, ya que se ha visto que el estrés hídrico en el suelo dispara la esporulación<sup>28</sup>.
- **Reinfección:** las hifas externas están en capacidad de reinfectar el mismo sistema de raíz del cual se originan. Algunas de estas hifas generan puntos de entrada que proporcionan nuevas unidades de colonización, lo cual supone que la infección avanza a lo largo de la raíz a través de unidades de colonización<sup>29</sup>.

### 1.1.3. Tipos de micorrizas

Las micorrizas han sido agrupadas con base en el patrón de colonización que se observa en las plantas asociadas. Los dos principales grupos corresponden a ectomicorrizas y endomicorrizas<sup>30</sup>. Algunos autores añaden una tercera categoría ectendomicorrizas. Sin embargo, este sistema de clasificación presenta inconsistencias cuando se tiene en cuenta criterios ecológicos y filogenéticos<sup>31</sup>.

---

<sup>26</sup> NEWMAN, E. Mycorrhizal links between plants: their functioning and ecological. In: *Advances in ecological research*. Vol. 18. Londres, 1988. p. 243 – 270.

<sup>27</sup> MONTANEZ, A. Op, cit., p.312

<sup>28</sup> AZCON, C.; BAREA, J. Op, cit., p. 83 - 93.

<sup>29</sup> POWELL, C. Spread of mycorrhizal fungi through soil. *New Zealand Journal of agricultural research*. Vol. 22. 1979, p. 335 – 339.

<sup>30</sup> SANCHEZ DE PRAGER, M. Endomicorrizas en suelos tropicales. Palmira, Colombia, 2005, p 157.

<sup>31</sup> AZCON, C.; BAREA, J. Op, cit., p. 83 - 93.

- **Ectomicorrizas:** se caracterizan porque las hifas del hongo no penetran en el interior de las células de la raíz, sino que se ubican sobre y entre las separaciones de éstas, formando estructuras denominadas manto y red de Karting, siendo observables a simple vista<sup>32</sup>. Dominan en bosques de coníferas y eucaliptos de climas templados y boreales de donde son naturales. Se presentan sobre todo en árboles maderables y sólo ocasionalmente en herbáceas y gramíneas<sup>33</sup>.
- **Endomicorrizas:** no se pueden ver a simple vista. Las hifas se introducen inicialmente entre las células de la raíz, pero luego penetran en el interior de éstas formando vesículas y arbuscúlos; por ello se las conoce también como micorrizas arbusculares (MA)<sup>34</sup>. Son más frecuentes en la naturaleza que las ectomicorrizas. Tienen su mayor incidencia en las regiones tropicales, con suelos más secos, en pastizales y árboles con alto ciclaje de materia orgánica y donde el suministro de fósforo es limitante. De los diferentes tipos de endomicorrizas, las más extendidas dentro de las especies vegetales son las MA, y algunas formas muy específicas como las Endomicorriza en orquídea u *orquídoide* y Endomicorriza *ericoide*<sup>35</sup>.
- **Ectendomicorrizas:** en este tipo de micorriza concurren con las características de las ectomicorrizas, al tiempo que hay penetración al interior de las células por las hifas septadas; estos hongos se encuentran asociadas con coníferas. Dentro de este grupo se incluyen la micorriza *arbutoide* y micorriza *monotropeide*<sup>36</sup>.

**1.1.4. Micorrizas arbusculares.** Son los hongos más comunes, proporcionan grandes beneficios económicos gracias a su efecto benéfico sobre el crecimiento y la tolerancia al estrés de una gran parte de plantas. Son microorganismos telúricos que se caracterizan por su incapacidad para reproducirse por sí mismos, sino mediante la colonización de las raíces de una planta hospedante<sup>37</sup>.

---

<sup>32</sup> CURTIS, H.; BARNES, S. Micorriza. [en línea]. [Colombia] 2003 [citado Oct., 2007]. Disponible en Internet: [URL:http://www.es.wikipedia.org/wiki/Micorriza](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Micorriza).

<sup>33</sup> SANCHEZ DE PRAGER, M. Op, cit., p. 158.

<sup>34</sup> CURTIS, H.; BARNES, S. Op, cit.

<sup>35</sup> SANCHEZ DE PRAGER, M. Endomicorrizas en suelos tropicales. Palmira, Colombia, 2005. Op. cit., p. 160.

<sup>36</sup> Ibid., p. 160.

<sup>37</sup> CORREDOR, G. Micorrizas arbusculares: aplicación para el manejo sostenible de los agroecosistemas. [en línea]. [Colombia] 2003 [citado Oct., 2007]. Disponible en Internet: [URL:http://www.turipana.com.co/2003](http://www.turipana.com.co/2003).

Es el tipo más extendido del reino vegetal, puesto que se estima que coloniza más del 80% de las especies<sup>38</sup>. Ha sido descrita en la mayoría de las Angiospermas (mono y dicotiledóneas, cultivos anuales y perennes, especies nativas o introducidas), junto con algunos géneros de Gimnospermas como *Cupressus*, *Thuja*, *Juniperus* y *Sequoia*, así como en helechos y briofitas<sup>39</sup>.

En la MA es propia la formación de hifas exteriores a la raíz que se extiende en el suelo circundante (hifas externas o micelios externos o extrarradical), hifas que se dispersan entre las células corticales (micelio interno) y, otras hifas que penetran al interior de ellas (austorios) y allí se divide dando origen a numerosas ramificaciones (arbúsculos)<sup>40</sup>.

### 1.1.5. Taxonomía de la micorriza arbuscular

Las características más usadas son el reconocimiento de los diferentes tipos de esporas (o especies) su forma, color y tamaño, su ordenamiento en esporocarpos o no, así como el número, grosor, color, ornamentaciones y elasticidad de sus capas o paredes. Ellas se encuentran distribuidas entre los principales grupos verdaderos (Eumycetes)<sup>41</sup>.

La clasificación actual a partir de Schübler et al. (2001); Oehl y Sieverding (2004); Walter y Schübler (2004), citados por Ferrera-Cerrato (2007), es<sup>42</sup>

Reino: Mycetae  
Phylum: Glomeromycota  
Clase: Glomeromycetes  
Orden: Glomerales  
    Familia: Glomeraceae  
        Género: Glomus  
Orden: Paraglomerales  
    Familia: Paraglomeraceae  
        Género: Paraglomus  
Orden: Archaesporales  
    Familia: Archaesporaceae  
        Género: Archaespora

<sup>38</sup> GUERRERO, E. Op, cit., p. 1 – 46.

<sup>39</sup> SANCHEZ DE PRAGER, M. Op, cit., p. 161.

<sup>40</sup> Idid., p. 161.

<sup>41</sup> SIEVERDING, E. Aspectos de la taxonomía y la identificación de hongos formadores de micorriza vesículo-arbuscular. En: Investigaciones sobre el primer curso nacional sobre micorrizas en Colombia. Memorias sobre el primer curso nacional sobre micorrizas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia, 1984. p. 209 – 223.

<sup>42</sup> FERRERA-CERRATO, R. Microbiología agrícola. Trillas, México, 2007. p. 568.

Orden: Diversisporales  
 Familia: Acaulosporaceae  
 Género: Acaulospora y Entrophospora  
 Familia: Gigasporaceae  
 Género: Gigaspora y Scutellospora  
 Familia: Diversisporales  
 Género: Diversispora spurcum  
 Familia: Pacisporaceae  
 Género: Pacispora citillas y P. Chimonobambusae

La identificación de los géneros *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora* y *Glomus* se hacen según las características típicas de las conexiones hifales o “esporoforos”<sup>43</sup>. En cuanto al género *Archaeospora* forman esporas atípicas a las de *Acaulospora*, dimórficas y del tipo glomoide. Por otra parte el género *Paraglomus* se distingue de *Glomus* por secuencias de ADNr, ácidos grasos específicos y su morfología<sup>44</sup>

El género *Sclerocystis* fue eliminado y reclasificado dentro del género *Glomus*; haciendo comparaciones con ADNr han mostrado que estas estructuras la forman miembros de *Glomus*<sup>45</sup>.

**1.1.5.1. *Glomus*:** se caracteriza por poseer esporas unicelulares globosas y subglobosas, su color varía de hialina, amarilla, café o anaranjado, dependiendo del estado de madures, su tamaño varía desde 50 a 300 µm. de diámetro; el contenido de la espora madura esta constituida por glóbulos de lípidos producto de reserva de los hongos, sintetizados a partir de azúcares simples que se obtienen de las plantas<sup>46</sup>.

La mayoría presenta una sola hifa de sostén, con diferentes tipos de unión (erecta, forma de embudo y recurvada) y diferentes formas de cierre de la clamidóspora (septum, pared interna y engrosamiento de la pared externa)<sup>47</sup>. Se caracteriza por

---

<sup>43</sup> SIEVERDING, E. Op. cit., p. 209 – 223.

<sup>44</sup> MORTON, J.; REDECKER, D. Two new families of *Glomales*, *Archaeosporaceae* and *Paraglomaceae*, with two new genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological, *In*: Mycologia Vol. 93 No.1. [en línea] [Colombia] 2001 [citado Oct., 2007]. [disponible en Internet: URL:<http://invam.caf.wvu.edu>].

<sup>45</sup> Ibid., 2001

<sup>46</sup> FERRERO, R.; GONZALEZ, M.; RODRIGUEZ, M. Manual de agromicrobiología. Trillas, México, 1993. 142 p.

<sup>47</sup> SIEVERDING, E. Aspectos de la taxonomía y la identificación de hongos formadores de micorriza vesículo-arbuscular. *En*: Investigaciones sobre el primer curso nacional sobre micorrizas en Colombia. Memorias sobre el primer curso nacional sobre micorrizas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia, 1989. p. 209 – 223.

presentar clamidosporas simples o formando esporocarpos en el suelo y abundantes en raíces<sup>48</sup>.

La forma de germinación es a partir de un brote de la hifa de sostén, que da origen a un micelio que se extiende a unos cuantos centímetros de la espora originando ocasionalmente otras esporas secundarias<sup>49</sup>.

**1.1.5.2. *Acaulospora*:** se caracteriza por la formación de cada espora sobre una hifa terminal dilatada o también llamada vesícula madre o sáculo esporífero que se colapsa, como resultado de la unión a la hifa de sostén en algunas esporas maduras queda una cicatriz a especie de talluelo; la hifa terminal siempre colapsa después de la formación de la espora y se separa de la espora madura en el suelo<sup>50</sup>.

Este género forma azigosporas, generalmente globosas y subglobosas, unidas lateralmente a la hifa sustentora dilatada<sup>51</sup>. Presenta un diámetro de 60 a 110  $\mu\text{m}$ , su color va de amarillo pálido a brillante; el contenido de la espora es hialino<sup>52</sup>.

**1.1.5.3. *Gigaspora*:** género que presenta azigosporas globosas a subglobosas grandes, con hifa sustentora bulbosa, que acompaña a una espora adulta, conexión que puede ser vertical o lateral; se caracteriza por la formación de vesículas extramatriciales o células auxiliares en el suelo más no en las raíces<sup>53</sup>.

El tamaño de la espora varía de 200 a 600  $\mu\text{m}$ , de color transparente a amarillo pálido, contienen numerosas gotas de lípidos, en forma, se parecen a las del género *Glomus*, pero difieren en la hifa de sostén; su pared externa es lisa y sencilla sin embargo su pared interna es membranosa<sup>54</sup>.

### 1.1.6. Funciones de las micorrizas arbusculares

Hasta los años 90 la mayoría de los estudios efectuados en el campo y aún más al nivel del invernadero, se dirigían a presentar evidencias de la participación de la MA en la nutrición, sanidad y productividad las plantas, sus relaciones con

---

<sup>48</sup> SIQUEIRA, J. Biotecnología do solo. Fundamentos e perspectivas. Brasilia, Brasil, 1988. 235 p.

<sup>49</sup> RIVERA, E. Grado de micotrofia de dos especies vegetales fijadoras de nitrógeno útiles para la reforestación y recuperación de suelos degradados en el embalse de Tomine (Cundinamarca). Bogotá, Colombia, 1998. 115 p. Tesis de grado para maestría. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.

<sup>50</sup> FERRERO, R.; GONZALEZ, M.; RODRIGUEZ, M. Op. cit. p. 142.

<sup>51</sup> SIQUEIRA, J. Op. cit. p. 235.

<sup>52</sup> RIVERA, E. Op. cit. p. 115.

<sup>53</sup> SIQUEIRA, J. Op. cit. p. 235.

<sup>54</sup> SIEVERDING, E. Op. cit., p. 209 – 223.

otros organismos, manejo en el campo y limitaciones y, en menor escala, a su participación en la conservación de los suelos y de los ecosistemas<sup>55</sup>.

De la asociación simbiótica planta - micorriza, se determinan los siguientes beneficios:

- Mayor eficiencia en la absorción de nutrientes. Por muchos años se ha puesto énfasis en el aporte de la MA en la absorción de fósforo. Nuevos hallazgos demuestran hoy que la MA tiene un gran papel en la absorción y utilización de nitrógeno por la mayoría de las plantas<sup>56</sup>.

Además pueden estar implicados en el incremento de absorción de otros macronutrientes como potasio y azufre y de micronutrientes como cobre, zinc, boro y molibdeno que son tomados activamente por las hifas de los MA y transportados a las plantas hospederas, sin embargo, las interacciones nutricionales son complejas<sup>57</sup>.

- Se promueve el crecimiento foliar y radicular. Son frecuentes los registros de incrementos en la productividad de los cultivos (sea que se trate de flores, semillas, tubérculos, tallos, etc.) debido a la presencia de la MA<sup>58</sup>.
- Se intensifica la tasa fotosintética. El hongo recibe de la planta los carbohidratos que necesita a través de la fotosíntesis<sup>59</sup>.
- Mejora la absorción de agua. En condiciones limitadas de humedad y concentración de fósforo, las plantas micorrizadas son más tolerantes al estrés hídrico, se recuperan más rápido del marchitamiento y hacen uso más eficiente del agua absorbida<sup>60</sup>.
- Fortalece las condiciones propias de la planta para tolerar patógenos. En el caso de algunas enfermedades en tallos y hojas, causadas por virus, hongos o bacterias, la presencia de la MA puede incrementar su presencia; a pesar de ello, las plantas micorrizadas sufren menos daño que las no micorrizadas<sup>61</sup>.

<sup>55</sup> MEJÍA, L.; PALENCIA, G. Abono orgánico, manejo y uso de un cultivo de cacao. [en línea]. [Perú]. [Citado Oct. 2007] Disponible en Internet: [URL: http://www.turipana.org.co/abono\\_cacao.htm](http://www.turipana.org.co/abono_cacao.htm).

<sup>56</sup> MONTANEZ, A. Op, cit., p. 312.

<sup>57</sup> SANCHEZ DE PRAGER, M. Op, cit., p. 234.

<sup>58</sup> Ibid., p. 237.

<sup>59</sup> CORREDOR, G. Op, cit.

<sup>60</sup> SANCHEZ DE PRAGER, M. Op. cit., p. 327.

<sup>61</sup> Ibid., p. 236.

- Beneficios para suelos degradados. Según Montañez<sup>62</sup>, el micelio extrarradical del HMA beneficia las propiedades físicas del suelo, favoreciendo la agregación de las partículas del suelo, a través del micelio y los exudados de las hifas.

Las MA al facilitar el mejoramiento de la estructura del suelo, incrementa la posibilidad de retención de humedad, aireación y descomposición de la materia orgánica<sup>63</sup>.

### 1.1.7. Factores que afectan la formación y función de las MA

Además de la existencia de una planta hospedera susceptible y de propágulos de MA, el establecimiento efectivo de la simbiosis implica la confluencia de factores físicos, químicos, biológicos y de prácticas agronómicas que favorezcan su formación y funcionamiento<sup>64</sup>.

Para Azcon, Barea y Roldan (1995)<sup>65</sup>, en términos generales, la combinación balanceada de nutrientes favorece la actividad funcional de la MA, situación que va a depender de: la planta hospedera, el hongo formador de micorriza, el suelo y el ambiente incluyendo en el factor suelo su manejo; lo cual torna las situaciones específicas.

En primer lugar, la planta debe ser susceptible a la infección de la MA<sup>66</sup>, para aquellas plantas que se asocian con hongos MA, el beneficio de la simbiosis está definido por su dependencia a la micorriza.

La dependencia se basa en el grado en que las plantas necesitan de la asociación con el hongo para tener un máximo crecimiento o rendimiento, a un nivel dado de fertilidad del suelo; por parte del hongo, su necesidad de la planta es absoluta, aún no se ha demostrado que sea capaz de completar su ciclo de vida en ausencia de la misma<sup>67</sup>.

---

<sup>62</sup> MONTANEZ, A. Op, cit., p. 312.

<sup>63</sup> PAEZ, O. Las micorrizas: alternativa ecológica para una agricultura sostenible. [en línea]. [Colombia] 2006 [citado Oct., 2007]. Disponible en Internet: [URL:http://www.soil-fertility.com/micohize/espegnol](http://www.soil-fertility.com/micohize/espegnol).

<sup>64</sup> SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia, 1999. 227 p.

<sup>65</sup> AZCON, C.; BAREA, J.; ROLDAN, B. Avances recientes en el estudio de la micorriza VA. II: Factores que afectan su formación y función y aplicación en la agricultura. En: Anales de edafología y agrobiología. Vol. 5 y 6. España, 1984. p 943 – 958.

<sup>66</sup> MONTANEZ, A. Op, cit. p. 311-314.

<sup>67</sup> AZCON, C.; BAREA, J. Micorrizas. En: Biología vegetal. Libros de investigación y ciencia. España, 1988. p. 83 -93.

La simbiosis entre MA-planta está estrechamente ligada con el intercambio bidireccional de C y P entre los simbioses. El suministro y transferencia de fotosintatos (carbohidratos) de la planta al hongo y de nutrientes minerales de ésta a la planta constituye la base del funcionamiento y de los efectos de esta simbiosis<sup>68</sup>.

Según Guerrero (1996)<sup>69</sup>, estima que el hongo requiere del 1 al 17% de los carbohidratos suministrados por la planta para su desarrollo y su actividad funcional, viéndose disminuida la producción de la biomasa de esta. El mejoramiento del crecimiento de las plantas a causa del aumento en la capacidad para absorber nutrientes como repuesta a la micorrización puede deberse a: que las hifas se extienden varios centímetros desde las raíces aumentando así la superficie del suelo para la absorción de aquellos elementos de poca movilidad con el P; los hongos pueden disolver minerales de sílice, en algún grado, liberando elementos esenciales para aquellas y las hifas son de menor diámetro que las raíces de las plantas, facilitando la penetración en aquellos poros que no son accesibles para las raíces, favoreciendo la extracción de nutrientes<sup>70</sup>.

Las características que definen la eficiencia de un MA y las diferencias entre los hongos, que determinan variaciones en el beneficio que la planta recibe son: la rapidez del hongo en infectar la planta; el porcentaje del hongo para crecer y desarrollar un extenso sistema de micelio externo en la raíz; el potencial del hongo para absorber y transportar el P y otros nutrientes del suelo a la raíz; la demanda de carbohidratos para su desarrollo y su fase de reproducción; la capacidad de hongo para competir con otros microorganismos y actuar sinérgicamente con otros microorganismos benéficos y la tolerancia a cambios de condiciones físico-químicas del suelo y del clima<sup>71</sup>.

Para Mosse (1972) y Sanders (1977), citados por Forero, Chávez y Unigarro<sup>72</sup>, existe una falta de especificidad, entre especies de HMA y plantas superiores. Teóricamente, cualquier hongo MA puede infectar a cualquier planta susceptible; sin embargo existen grandes diferencias entre los distintos endófitos tanto en la

---

<sup>68</sup> SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Op, cit. p. 227.

<sup>69</sup> GUERRERO, E. Op, cit., p. 1 – 46.

<sup>70</sup> SIEVERDING, E.; CADAVID, L.; GÁLVEZ, A. Ecología de la micorriza vesículo arbuscular en Yuca y el efecto de algunas prácticas agronómicas incluyendo la inoculación de campo sobre ella y la producción de Yuca. En: investigaciones sobre micorrizas en Colombia. Vol. 10. Palmira, Colombia, 1984. p. 194 – 207.

<sup>71</sup> FORERO, L.; CHAVES, G.; UNIGARRO, A. Evaluación cuantitativa de hongos formadores de micorriza vesículo arbuscular en malezas de clima medio. San Juan de Pasto: VIPRI, Universidad de Nariño, 1999. 111 p.

<sup>72</sup> *Ibid.*, p. 111p.

morfología de la infección y el grado de micorrización que producen, como en la efectividad de la MA formada en una planta determinada<sup>73</sup>.

Entre los factores físico-químicos que más influyen en el desarrollo de la MA se han registrado el contenido de arcillas y el pH. La MA tiene una amplia capacidad de adaptación a condiciones de pH, estos se han registrado desde valores de 2.7 a 9.2. Se encuentran diferencias entre especies y ecotipos en cuanto a su capacidad para colonizar un hospedero en función del pH<sup>74</sup>.

En diferentes estudios se ha demostrado que existe correlación negativa entre la alta disponibilidad de P, otros nutrientes como el N, en alta disponibilidad, afecta negativamente el establecimiento de MA. Caso contrario ocurre con el K<sup>75</sup>. Aunque pueda que algunas micorrizas sean más tolerantes a la alta fertilidad del suelo.

En suelos ácidos, el aluminio es un factor restrictivo de la asociación, aun así se han encontrado algunas especies de MA que soportan esta condición limitante; en suelos salinos la presencia de Na y Cl puede reducir la geminación de las esporas<sup>76</sup>. En suelos tropicales las condiciones bajas de pH llevan a que el encalamiento sea una práctica agronómica recomendada para reducir la saturación de Al, sus efectos tóxicos y para suplir las necesidades de Ca y Mg en los cultivos. Los resultados de algunos trabajos sugieren que algunas especies de HMA son susceptibles al encalamiento, lo cual hace que se reduzca la diversidad de las poblaciones<sup>77</sup>.

Factores como humedad, temperatura, luminosidad, épocas de lluvia y sequía, no son controlables directamente, afectando a las MA a través del hospedero. Redhead (1975), citado por Safir<sup>78</sup>, demostró que el suministro hídrico óptimo para el crecimiento de la planta también favorece la infección. Niveles altos de humedad, así como también niveles extremadamente bajos, reducen la infección. Se ha encontrado que el óptimo desarrollo de los MA está en suelos que contengan entre el 40 y 80% de agua, del máximo de capacidad de campo<sup>79</sup>. El

---

<sup>73</sup> Ibid., p. 111p.

<sup>74</sup> SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Op, cit. p. 227.

<sup>75</sup> SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Op, cit., 479p

<sup>76</sup> BAREA, J.; JEFFRIES, P. Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil-plant sistemas. En: Mycorrhiza: Structure, función, molecular biology and biotechnology. Berlín, 1995. p. 521 – 560.

<sup>77</sup> ROMERO, G. efecto de la acidez en la eficiencia de la micorriza en Yuca. Palmira, 1984. 70 p. Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia.

<sup>78</sup> SAFIR, G. Micorriza arbusculo-vesicular y la producción agrícola. Estación agrícola experimental. Boletín técnico No. 8198. p. 201 - 217. s.f.

<sup>79</sup> SIEVERDING, E. Vesícula-arbuscular mycorrhiza management in tropical agroecosystems. GTA, Germany, 1991. 370 p.

exceso de agua afecta la concentración de oxígeno necesario para la condición aeróbica del hongo micorrizógeno<sup>80</sup>.

Las micorrizas arbusculares pueden verse adaptadas a condiciones anegadas o extremadamente secas<sup>81</sup>. Bajo condiciones de sequía las plantas micorrizadas son más tolerantes que las no micorrizadas<sup>82</sup>. La mayor tolerancia de la planta micorrizada a la sequía se ha relacionado con el nivel nutricional, especialmente el P y el K, el cual juega un papel fundamental en la regulación del agua en la planta, haciendo que esta se recupera más fácilmente de un corto periodo de estrés hídrico<sup>83</sup>.

Se ha confirmado que un déficit en el suministro de agua, al crear una situación adversa, estimula la producción de esporas de la MA. Esto explica el mayor número de esporas de MA durante la estación seca lo cual representa una adaptación del hongo a las condiciones de estrés hídrico en el suelo<sup>84</sup>.

El óptimo desarrollo de la MA está a temperaturas de 25 a 30 °C<sup>85</sup>. Schenk y Schoeder (1974) y Harley y Smith (1983), citados por Forero, Chávez, Unigarro<sup>86</sup>, manifiestan que el porcentaje de infección aumenta al incrementarse ésta hasta alcanzar un máximo a los 30 °C. A partir de esta temperatura la infección decrece y por encima de los 40 °C se inhibe por completo, también la germinación de las esporas de ciertos hongos MA.

El sombreado también afecta los regímenes de temperatura de las plantas involucradas y se ha comprobado que bajas temperaturas puede reducir drásticamente la infección<sup>87</sup> y la población de esporas puede disminuirse en un 80%<sup>88</sup>.

La intensidad de luz afecta el desarrollo y la actividad de la MA. Para la esporulación de la MA, los periodos de luz largos son más favorables que la alta intensidad, una alta intensidad de luz puede inducir al cierre de estomas y

---

<sup>80</sup> TRAPPER, J.; SCHENCK, N. Taxonomy of the fungi forming endomycorrhizae. A vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (Endogonales). In: Method and principles of mycorrhizal research. Vol. 798. Florida, 1982. p.1 – 9.

<sup>81</sup> MOSSE, B. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Hawaii, 1982. 82 p.

<sup>82</sup> SIEVERDING, E. Op, cit., p. 370.

<sup>83</sup> SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Endomicorrizas y agroecosistemas. XVIII Congreso de fitopatología y ciencias afines. CIAT, Palmira, Colombia, 1997. p. 81 - 92.

<sup>84</sup> SIEVERDING, E. Op, cit., p. 370.

<sup>85</sup> Ibid., p. 370.

<sup>86</sup> FORERO, L.; CHAVES, G.; UNIGARRO, A. Op, cit., p. 111.

<sup>87</sup> SAFIR, G. Op, cot., p. 201 - 217.

<sup>88</sup> AZCON, C.; BAREA, J. Op, cit., p. 8 – 16.

reducirse así la fotosíntesis, disminuyendo también la producción de carbohidratos<sup>89</sup>.

Con respecto a la textura del suelo, se ha encontrado porcentajes de infección por MA más bajos en suelos arenosos, aunque algunas especies de *Gigaspora* se han visto favorecidas por esta condición; sin embargo la compactación del suelo dificulta el crecimiento del micelio de la MA<sup>90</sup>.

Las prácticas agronómicas tales como: preparación del terreno, se ha encontrado que afecta el P de la planta por ruptura del micelio extrarradical de los HMA que se asocian a las raíces<sup>91</sup>; el uso de pesticidas y biocidas, son las prácticas agrícolas que más pueden afectar el tamaño y la composición de las poblaciones de MA<sup>92</sup>; sistemas de siembra como rotación de cultivos, cultivos asociados e intercalados; aplicación de abonos y enmiendas como fertilización con residuos orgánicos compostados, frescos, mulch, etc., pueden afectar positivamente la presencia de especies de MA nativas<sup>93</sup>.

Se encuentra acción sinérgica entre las aplicaciones de materia orgánica compostada y MA, se explica frecuentemente en términos de disponibilidad de nutrimentos para la planta hospedera y de incremento de comunidades microbianas que favorecen la acción de la MA<sup>94</sup>.

La formación de MA suele afectarse negativamente por la aplicación excesiva de fertilizantes químicos fosfatados y nitrogenados, llegándose incluso a la inhibición de la infección; la adición de cantidades bajas de P es compatible e incluso complementaria. La conclusión general es que es el nivel de fosfato en la planta, más que en el suelo, es el que controla el establecimiento y función de las micorrizas<sup>95</sup>.

Con relación a factores biológicos, se puede presentar diferentes tipos de interacciones entre MA-macroorganismos de la rizosfera, las cuales son

---

<sup>89</sup> SIEVERDING, E.; TORO, S. Efecto de la inoculación de hongos micorrízicos vesícula-arbuscular en plántulas de café (*Coffea arabica* L.) y té (*Camelia sinensis* L.O. Kuntze). En: Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. Vol. 2. Medellín, Colombia, 1988. 173 p.

<sup>90</sup> ARINES, J. Aspectos físico-químicos de la fijación y movilización biológica en nutrientes en el suelo y su incidencia en la formación y efectos de las micorrizas VA. En: Fijación y movilización biológica de nutrientes. Vol. 11. Madrid, España, 1991. p. 203 – 220.

<sup>91</sup> SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Op, cit.,. 479 p.

<sup>92</sup> MOSSE, B. Op, cit., 82 p.

<sup>93</sup> GÓMEZ, E.; SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Respuesta del pimentón (*Capsicum anuum* L.) a la evaluación con VA. En: Boletín técnico. Universidad Nacional de Colombia. Vol. 2, No. 2. Palmira, Colombia, 1991. p. 103 – 122.

<sup>94</sup> SIEVERDING, E. Op, cit., 370 p.

<sup>95</sup> AZCON, C.; BAREA, J.; ROLDAN, B. Op, cit., p 943 – 958.

determinantes en el funcionamiento de los ciclos nutritivos en un ecosistema pero además, afectan el balance entre los procesos patogénicos y simbióticos en el medio ambiente<sup>96</sup>.

El desarrollo de la micorriza resulta afectada por otros microorganismos de la rizosfera, sea que estos se comporten como antagonistas o sinergistas; es así como existen múltiples y complejas interacciones micorriza-microorganismos<sup>97</sup>.

Se pueden nombrar bacterias fijadoras de N como *Rhizobium* (el efecto de sinergismo propio de esta doble simbiosis, leguminosa-*Rhizobium*-MA, que favorecen el desarrollo de las plantas, está relacionado con la economía de P y N<sup>98</sup>, *Azorhizobium* y *Bradyrhizobium*, actinomicetos como *Frankia* y *Cianobacterias* y microorganismos de vida libre como *Azotobacter* y *Azospirillum*, por ejemplo, interactúan con la MA desarrollando actividades que afectan el crecimiento de la planta<sup>99</sup>. La presencia de nemátodos puede reducir el micelio y el número de esporas de los MA<sup>100</sup>.

La movilidad de nutrientes entre el suelo y la raíz, necesaria para el desarrollo de la vegetación, es un proceso regulado en gran parte por la comunidad biótica de la rizosfera y en ella juega un papel central la micorriza<sup>101</sup>.

## 1.2. ESPECIES FORESTALES NATIVAS

Las especies silvestres, evolucionadas y establecidas naturalmente en un medio dado, presentan adaptaciones diversas y únicas a las condiciones del mismo. Esta adaptación representa para el hombre una reserva de soluciones al manejo del ambiente y una reserva de medios diversos para su bienestar (materiales, medicamentos, etc.)<sup>102</sup>.

Una población vegetal nativa es aquella cuya presencia dentro del territorio se remonta a antes de la conquista europea y que, gracias a ello, cuenta con una adaptación a las condiciones ecológicas locales que le permite sostener sus

---

<sup>96</sup> SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Op, cit., 227 p.

<sup>97</sup> ARINES, J. Op, cit., p. 203 – 220.

<sup>98</sup> Ibid., p. 237.

<sup>99</sup> RIVERA, E. Op, cit., 115 p.

<sup>100</sup> SILVEIRA, P. Micorrizas. En: Microbiología do solo. Sociedad de ciencia do solo. Brasil, 1992. p. 125 – 177.

<sup>101</sup> SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia, 1999. 227 p.

<sup>102</sup> MADROÑERO, S.; OVIEDO, E. Selección de especies nativas como una alternativa para la posible revegetalización del terreno correspondiente a los rellenos sanitarios de Plazuelas y Santa Clara del municipio de Pasto. San Juan de Pasto, 2002, 181 p. Trabajo de grado (Biología énfasis en Ecología). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

funciones de mantenimiento, crecimiento, reproducción y variabilidad con los flujos de materia y energía locales, sin subsidio directo por el hombre<sup>103</sup>.

### 1.3. GÉNERO FREZIERA SP (MOTILÓN SILVESTRE)

En la cuenca alta del río Pasto, el Motilón silvestre (*Freziera sp*), se encuentra en un rango altitudinal de 2800 a 3200 msnm, con precipitaciones que oscilan entre 950 y 1.500 mm y una temperatura desde los 4°C hasta los 18°C<sup>104</sup>.

#### 1.3.1. Descripción botánica del género *Freziera*

Ramas en zig-zag y con abundantes tricomas color café o dorado; lámina foliar elíptica a lanceado, acuminado de 10 a 20 cm de longitud, borde liso o dentado envés aterciopelado haz frecuentemente glabra y de color verde. Flores solitarias o en fascículos axilares funcionalmente unisexuales; dos brácteas basales sepaloideas; sépalos con margen ciliada; corola urseolada; estambres numerosos en las flores masculinas con estaminodios; fruto baya con sépalo persistente<sup>105</sup> (Figura 1).

Clasificación taxonómica:

División: Magnoliophyta  
Clase: Magnoliopcida  
Orden: Theales  
Familia: Theaceae  
Género: *Freziera*  
Especies: *Cándicans*  
*Canensces*  
*Nervosa*  
*Suberosa tulasne*

#### 1.3.2. Descripción botánica de las especies del género *Freziera*

**1.3.2.1. *Freziera candicans* H&B.** Árbol que alcanza una altura de hasta 18 m, presenta hojas pecioladas, de 1 a 16 cm de largo por 1.8 a 5 cm de ancho, ovado-

---

<sup>103</sup> PEÑAFIEL, J.; UNIGARRO, E. Determinación de la variabilidad, distribución y manejo del motilón silvestre (*Freziera sp*) en la cuenca alta del río Pasto, municipio de Pasto, departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2006, 92 p. Tesis de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

<sup>104</sup> PEÑAFIEL, J.; UNIGARRO, E. Determinación de la variabilidad, distribución y manejo del motilón silvestre (*Freziera sp*) en la cuenca alta del río Pasto, municipio de Pasto, departamento de Nariño. Op, cit., p. 92.

<sup>105</sup> MENDOZA, H.; RAMIREZ, B. Plantas con flores de la planada. Bogotá, 2000. p 147.

**Figura 1.** Morfología del género *Freziera*.



Fuente: Mendoza y Ramírez (2002)

lanceadas, subcoreáceas; con ápice largo-acuminado, base de cuneada a atenuado-cuneada y margen aserrado; de haz glabra y envés sedoso-pubescentes. Flores axilares, en fascículos de 3 a 7, frutos en baya. Crece a una altura entre los 2906 a los 3011 msnm<sup>106</sup> (Figura 2).

**Figura 2.** *Freziera candicans* H&B.



a. Árbol de *F. candicans* H&B.  
Foto: Jairo Guerrero Tobar.



b. Muestra botánica de *F. candicans* H&B.  
Foto: Judith Peñafiel Moran.

Fuente: esta investigación

Fuente: Peñafiel y Unigarro (2006)

**1.3.2.2. *Freziera canescens* H&B.** Árbol 15 m de altura, hojas pecioladas, de 7 cm de largo por 5 a 7 cm de ancho, alternas, elípticas; base cuneada, ápice acuminado y margen aserrado; haz glabra y envés pubescente. Flores axilares, solitaria o en grupo de hasta tres, fruto en baya. Crece en un rango altitudinal entre los 2800 y 3128 msnm<sup>107</sup> (Figura 3).

**1.3.2.3. *Freziera nervosa* H&B.** Árbol que crece hasta 15 m de alto, hojas pecioladas, hasta de 14 cm de largo y 3.5 a 4 cm de ancho, alternas, elípticas; de base redondeada, ápice acuminado y margen aserrada; haz glabra y envés pubescente. Flores axilares solitarias y fruto en baya. Se ubica a una altura de 2906 msnm<sup>108</sup> (Figura 4).

---

<sup>106</sup> PEÑAFIEL, J.; UNIGARRO, E. Op, cit., p. 52.

<sup>107</sup> Ibid., p. 53.

<sup>108</sup> Ibid., p. 55.

**Figura 3.** *Freziera canensces* H&B.



a. Árbol *F. canensces* H&B.  
Foto: Jairo Guerrero Tobar.

Fuente: esta investigación.



b. Muestra botánica de *F. canensces* H&B.  
Foto: Judith Peñafiel Moran.

Fuente: Peñafiel y Unigarro (2006).

**Figura 4.** *Freziera nervosa* H&B.



a. Árbol *F. nervosa* H&B.  
Foto: Jairo Guerrero Tobar.

Fuente: esta investigación.



b. Muestra botánica de *F. nervosa* H&B.  
Foto: Judith Peñafiel Moran.

Fuente: Peñafiel y Unigarro (2006)

**1.3.2.4. *Freziera suberosa tulasne* H&B.** Árbol que alcanza hasta 10 m de altura, presenta hojas con 5 cm de largo por 2 cm de ancho, alternas, de forma elíptica; de ápice acuminado, base cuneada y margen aserrado; haz glabra y envés pubescente. Flores solitarias, fruto en baya. Crece a una altura de 3079<sup>109</sup> (Figura 5).

**Figura 5.** *Freziera suberosa tulasne* H&B.



a. Árbol *F. suberosa tulasne* H&B.  
Foto: Jairo Guerrero Tobar.



b. Muestra botánica *F. suberosa tulasne* H&B.  
Foto: Judith Peñafiel Moran.

Fuente: esta investigación.

Fuente: Peñafiel y Unigarro (2006)

#### **1.4. ESTUDIOS REALIZADOS CON MICORRIZAS ARBUSCULARES EN ESPECIES FORESTALES**

Estudios realizados por Erazo y Ortiz (2000), en laurel de cera (*Myrica pubescens*), en el municipio de San Pablo, encontraron asociaciones simbióticas con cuatro géneros de MA: *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora* y *Gigaspora*; con porcentajes de colonización entre 26.66 y 41.16%, los cuales consideraron bajos<sup>110</sup>.

---

<sup>109</sup> Ibid., p. 57.

<sup>110</sup> ERAZO, J.; ORTIZ, J. Determinación de la presencia de hongos formadores de micorrizas arbusculares en el Laurel de cera (*Myrica pubescens*) en el municipio de San Pablo, departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2000, 90 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Botero, et al. (2003), evaluaron siete especies forestales con potencial de tutores vivos en la producción de mora en Sistemas agroforestales: eucalipto (*Eucalyptus globulus*), chachafruto (*Eritrina sp*), arboloco (*Montanoa quadrangularis*), acacia (*Acacia decurrens*), quiebrabarrigo (*Trichantera gigantea*), sauce (*Salix humboltiana*) y Mora (*Rubís glaucus*), encontraron esporas pertenecientes a los géneros *Acaulospora* con 5 especies, *Glomus* con 7 especies y *Gigaspora spp.*; con niveles de colonización altos que variaron entre hospedantes al registrarse en promedios de 66 a 67%<sup>111</sup>.

Bonilla, Espinosa y Sánchez de Prager (2005), encontraron los géneros *Acaulospora*, *Entrophospora* y *Scutrellospora* en guada (*Guadua angustifolia*); en varios tratamientos con suelo natural y propágulos de los géneros aislados, obtuvieron diferencias estadísticas no significativas<sup>112</sup>.

En Tumaco, Bastidas y Solarte (2004), determinaron la presencia de MA en sistemas agroforestales con cultivos de cacao (*Theobroma cacao*), borojó (*Borojoa patinoi*), chontaduro (*Bactris gasipaes*) y plátano (*Musa sp*), encontrando los géneros *Scutellospora*, *Glomus* y *Acaulospora*; los que posteriormente usaron como inóculos en cultivos trampa bajo condiciones de invernadero, demostrando que con un buen uso de la inoculación se obtiene mejores resultados en las variables evaluadas<sup>113</sup>.

Cadena y Cadena (2005), evaluaron un estudio en la etapa de almacigo, realizando inoculaciones en con MA en plántulas de cacao (*Theobroma cacao*), borojó (*Borojoa patinoi*) y chontaduro (*Bactris gasipaes*), utilizando los géneros *Acaulospora*, *Glomus* y *Glomus fasciculatim* y diferentes grados de fertilización con P. Encontrando que el mayor porcentaje de infección para las tres especies fue la inoculación con el género *Acaulospora*<sup>114</sup>.

Pérez, et al. (1997), registraron tres géneros de HMA: *Acaulospora*, *Glomus* y *Entrophospora*, en la rizósfera de Maracayá (*Pasiflora edulis*), hicieron evaluaciones con diferentes edades del cultivo e influencia sobre el estado sanitario de éste; los resultados que obtuvieron en porcentajes de colonización no difirieron significativamente<sup>115</sup>.

---

<sup>111</sup> BOTERO, M., et al. Micorrizas. En: Microorganismos del suelos identificados en un sistema agroforestal. CORPOICA. Manizales, 2003. p. 66 –77.

<sup>112</sup> BONILLA, F.; ESPINOSA, J.; SÁNCHEZ DEPRAGER, M. Evaluación de HMA en *Guada angustifolia* enetapa de vivero. En: Endomicorrizas en suelos tropicales. Palmira, Colombia, 2005. p. 326 – 351.

<sup>113</sup> BASTIDAS, S.; SOLARTE, A. Op, cit., p. 112.

<sup>114</sup> CADENA, C. y CADENA, J. Op, cit., p. 108.

<sup>115</sup> PÉREZ, J., et., al. Micorriza arbuscular en Maracuyá (*Pasiflora edulis*) en el manejo de ecológico y convencional en el Norte del Valle del Cauca. En: Endomicorrizas y agroecosistemas. XVIII Congreso de fitopatología y ciencias afines. CIAT, Palmira, Colombia, 1997. p. 290 – 308.

Sánchez de Prager (1999), menciona que en el Valle del Cauca se ha comprobado la presencia natural e importancia de la MA en frutales como cítricos (*Citrus spp*), guanábana (*Anona muricata*), lulo (*Solanum quitoense*), guayaba (*Psidium guajava*), tomate de árbol (*Cyphonandra betacea*), borojó (*Borojoa patinoi*), aguacate (*Persea americana*), entre otros<sup>116</sup>.

---

<sup>116</sup> SANCHES DE PRAGER, M. Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia, 1999. 227 p.

## 2. DISEÑO METODOLÓGICO

### 2.1. LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó en la cuenca alta del río Pasto, la cual pertenece al municipio de Pasto, departamento de Nariño (Figura 6).

En la zona de estudio, el Motilón silvestre (*Freziera sp*), logra establecerse por regeneración natural, como en linderos y árboles dispersos en potreros; esta especie presenta una distribución irregular en el terreno<sup>117</sup>.

El Motilón silvestre no se encontró como única especie, sino asociada a otras especies vegetales: en bosque secundario se encontró asociado con mano de oso (*Oreopanax discolor*), mate (*Clusia multiflora*), fragua (*Befaria aestuans*), Canayuyo (*Sanchus olerasus*), carbonero (*Calliandra lehmanii*) y moquillo (*Sausaria ursina*); en árboles dispersos en potrero está asociado con pata de gallo (*Chavendishia bracteata*) y siete cueros (*Tribouchina mollis*) y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y en linderos asociado con chilca (*Baccharis latifolia*), Chaquilulo (*Chavendisnia sp*) y helecho (*Polipodium sp*).

#### 2.1.1. Descripción de la zona

Según CORPONARIÑO<sup>118</sup> (2000), la cuenca del río Pasto, se localiza en la vertiente oriental del sistema orográfico de los Andes, al sur oriente del departamento de Nariño. Como afluente del río Juanambú, hace parte importante en la gran cuenca del río Patía. Geográficamente se localiza entre las coordenadas 1º 0.3' y 1º 16' latitud norte y entre 77º 8' y 77º 22' de longitud oeste de Greenwich y en las coordenadas planas Y = 614400, X = 993400; Y = 631000, X = 968700.

La superficie de la cuenca alta del río Pasto es de 22.978 Ha (229.74 km<sup>2</sup>). Incluye áreas localizadas en los corregimientos de Catambuco, La Laguna, Mapachico, Obonuco y Buesaquillo y a la vereda La Marqueza del municipio del Tambo. Presenta una temperatura que oscila desde los 9°C hasta los 13°C, con una humedad relativa entre el 70 y el 80%. Los suelos se clasifican en Francos, Franco Arenosos y Franco Arcillosos, con pH de 5.1 a 6.0, medianamente ácido, baja solubilidad de fósforo y regular disponibilidad de carbono y magnesio<sup>119</sup>.

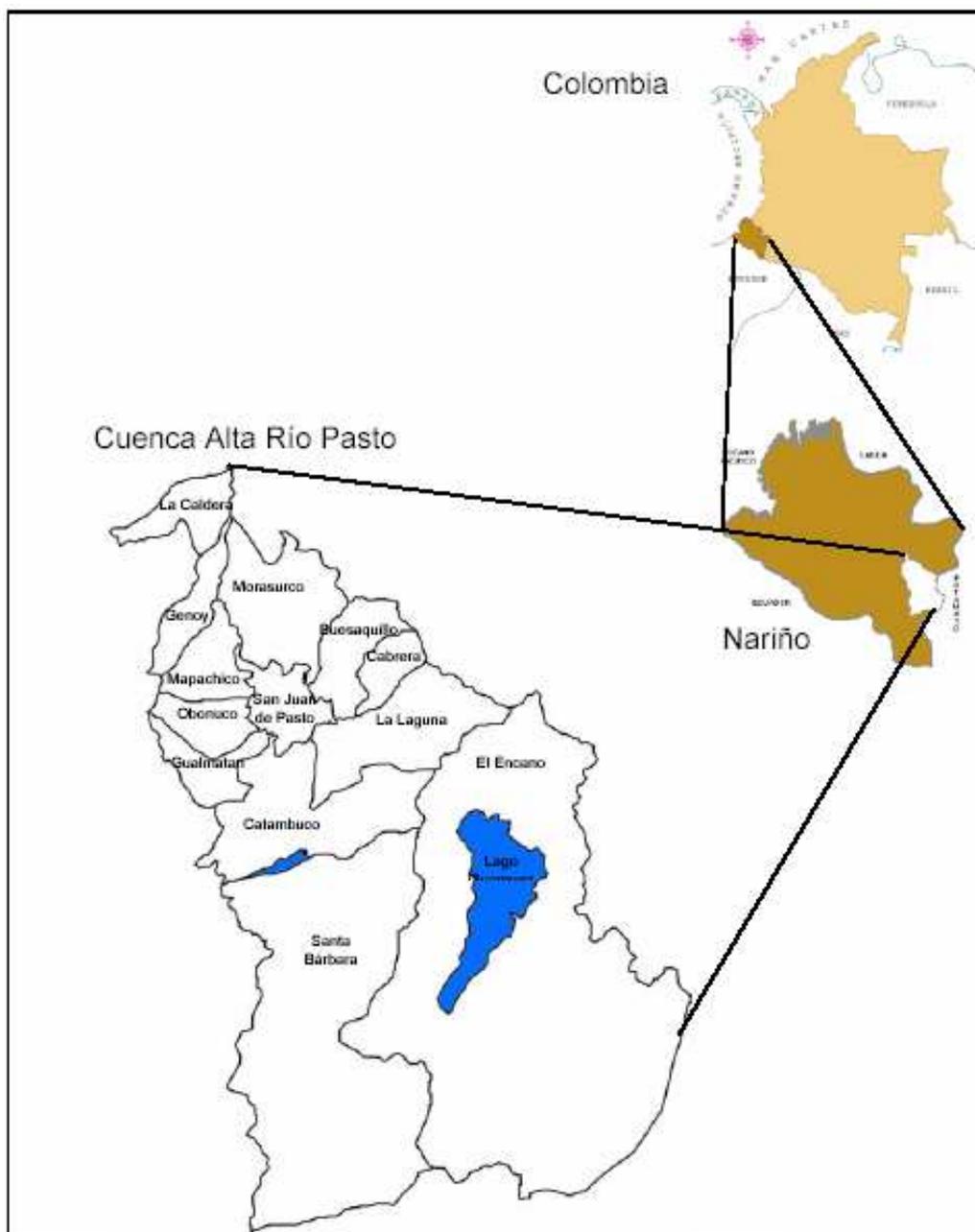
---

<sup>117</sup> PEÑAFIEL, J.; UNIGARRO, E. Op, cit., p. 52.

<sup>118</sup> CORPONARIÑO. Plan de ordenamiento y manejo de la Cuenca del río Pasto. Pasto 2005.

<sup>119</sup> Ibid. 2005

**Figura 6.** Localización geográfica de la Cuenca Alta del Río Pasto



Fuente: Peñafiel y Unigarro (2006)

El área de muestreo se encuentra ubicada en las veredas El Carmelo y Huecada, pertenecen al corregimiento de Buesaquillo localizado al sur-orientado de Municipio de Pasto, en la cuenca superior del río Pasto<sup>120</sup>.

El Corregimiento de Buesaquillo presenta una temperatura entre 4º C a 12º C, con una precipitación que oscila entre los 950 y 1.500 mm/año. Entran a ser parte de la cuenca alta del río Pasto las siguientes veredas: Alianza, Pejendino Reyes, San Francisco, Huecada, Villa Julia, Tambo Loma y El Carmelo<sup>121</sup>.

Las parcelas de estudio están a una altura de 3003 a 3010 msnm, con laderas de clima frío y muy húmedo, el relieve va de fuertemente quebrado a escarpado con pendientes entre 30% a 70%. Suelos francos superficiales a moderadamente profundos, debido principalmente, a cambios bruscos de temperatura o a presencia de roca muy cerca de la superficie; presenta alta acidez, bajo contenido de fósforo (fijación) y bajo Ca, Mg, B y S y alto contenido de K<sup>122</sup> (Figura 7).

## **2.2. METODOLOGÍA**

### **2.2.1. Diseño experimental**

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar considerándose tres modalidades de crecimiento: bosque secundario, árboles dispersos en potreros y linderos (bloques), con 4 especies de Motilón silvestre (*Freziera sp*) (tratamientos): *F. candicans*, *F. canensces*, *F. nervosa* y *F. suberosa tulasne* y 3 repeticiones por tratamiento, para un total de 36 unidades experimentales.

### **2.2.2. Revisión de fuentes secundarias**

Para alcanzar los objetivos propuestos, se recopiló la información secundaria a través de materiales bibliográficos de las diferentes fuentes documentadas existentes (Banco de la República, Biblioteca Alberto Quijano Guerrero, Corponariño e Internet).

El estudio se realizó en dos fases: la primera en el sector rural de la cuenca alta del río Pasto, donde se recolectaron las muestras de suelo y raíces de cuatro especies de Motilón silvestre; la segunda, en los laboratorios de suelos de la Universidad Nariño, donde se realizó la tinción de raíces y separación de esporas de MA.

---

<sup>120</sup> Ibid. 2005.

<sup>121</sup> Ibid. 2005.

<sup>122</sup> LEON, J.; MIRANDA, M. Estudio fenológico de diez especies forestales nativas en la microcuenca las Tiendas, municipio de Pasto. Pasto, Colombia, 2001, 136 p. Tesis de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

**Figura 7.** Áreas de muestreo (modalidades de crecimiento).



a. Bosque secundario.  
Vereda El Carmelo.



b. Árboles dispersos en potrero.  
Vereda El Carmelo.



c. Lindero

Fuente: esta investigación.  
Fotos: Jairo Guerrero Tobar.

### **2.2.3. Fase de campo**

**2.2.3.1. Muestreo de raíces y suelo.** En las veredas El Carmelo y Huecada se tomaron muestras de raíces y suelo de cuatro especies de *Feziera sp* (*candicans*, *canensces*, *nervosa* y *suberosa tulasne*) para determinar, en laboratorio, la presencia de micorrizas arbusculares.

Las muestras (de raíces y suelo, de cada una de las especies) se colectaron a partir de submuestras tomadas alrededor del tallo del árbol y a una profundidad de 20 cm, las que posteriormente se mezclaron tomando 2 Kg por muestra de cada árbol. Se tomó como muestra representativa de un tratamiento las raíces y suelo de 3 árboles presentes en cada una de las modalidades de crecimiento (bosque secundario, árboles dispersos en potreros y linderos). En total se tomaron 72 muestras, 36 muestras de suelo y 36 de raíces para su evaluación en el laboratorio.

Las muestras fueron debidamente empacadas y rotuladas en bolsas de polietileno de 4 Kg y llevadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad de Nariño, en donde se separó las raíces y el suelo y fueron conservadas en nevera a una temperatura de 4° C, para la posterior determinación de infección por MA en las raíces, y el conteo de esporas de micorrizas en el suelo.

#### **2.2.4. Fase de laboratorio**

**2.2.4.1. Tinción del hongo en la raíz y determinación de la infección.** Para determinar el porcentaje de infección en las 36 muestras de raíces de las cuatro especies de Motilón silvestre, se utilizó la metodología de clarificación y posterior tinción con azul de tripano, propuesta por Sieverding (1983)<sup>123</sup> (Anexo No 1).

Para la cuantificación de la infección de MA en las raíces teñidas de cada una de las especies de Motilón silvestre, se distribuyeron en una caja de Petri con un poco de agua, se cortaron en segmentos de 2 cm y se seleccionaron 25 al azar para su posterior montaje en placas (porta y cubreobjetos) con lactoglicerina.

Posteriormente se observaron las raíces al microscopio de luz con un aumento de 10 X, moviendo la lámina por medio del carro portaobjeto en toda la extensión de la muestra, de modo que el objetivo cruzó las raíces en cuatro puntos del cubreobjetos. Con base en lo anterior se hizo conteos en las intersecciones totales y las intersecciones infectadas, luego se determinó el porcentaje de infección (en láminas) utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de infección (\%)} = \frac{\text{Número de campos infectados}}{\text{Número de campos totales observados}} \times 100$$

---

<sup>123</sup> SIEVERDING, E. Manual de metodología para la investigación de la micorriza vesículo arbuscular en el laboratorio. CIAT, Cali, Colombia, 1983. p. 56.

Las raíces fueron consideradas infectadas cuando se observó la presencia de arbusculos, vesículas, conexiones auxiliares o micelio creciendo en la región cortical (Figura 8).

**2.2.4.2. Aislamiento de esporas del suelo.** Para el efecto, se siguió la metodología descrita por Sieverding (1983) (Anexo 2), que conlleva a la utilización de una serie de tamices por los que se hace pasar una suspensión de suelo muestreado. El material contenido en los tres tamices (ASTM No. 18, 60 y 325) se centrifuga para separar las partículas más pesadas del suelo, de las esporas<sup>124</sup> (Figura 9).

**2.2.4.3. Identificación de las esporas de MA.** Una vez obtenidas las placas de las 36 muestras de suelo, se procedió a la identificación de los distintos géneros, basada en la caracterización morfológica de las esporas, en donde se consideró tamaño, color, forma, estructura superficial e hifa sustentora. Con el apoyo del microscopio y el uso de claves o guías de comparación descritas para este tipo de simbiontes<sup>125 126</sup>.

### 2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza, teniendo en cuenta un diseño de bloques al azar que comprenden tres modalidades de crecimiento (bosque secundario. árboles dispersos en potrero y lindero) y cuatro especies del género *Freziera* (*F. candicans*, *F. canensces*, *F. nervosa* y *F. suberosa tulasne*).

---

<sup>124</sup> SIEVERDING, E. Op, cit., p. 56.

<sup>125</sup> FERRERA, R.; GONZALES, M.; RODRIGUEZ, M. Op, cit., p. 142.

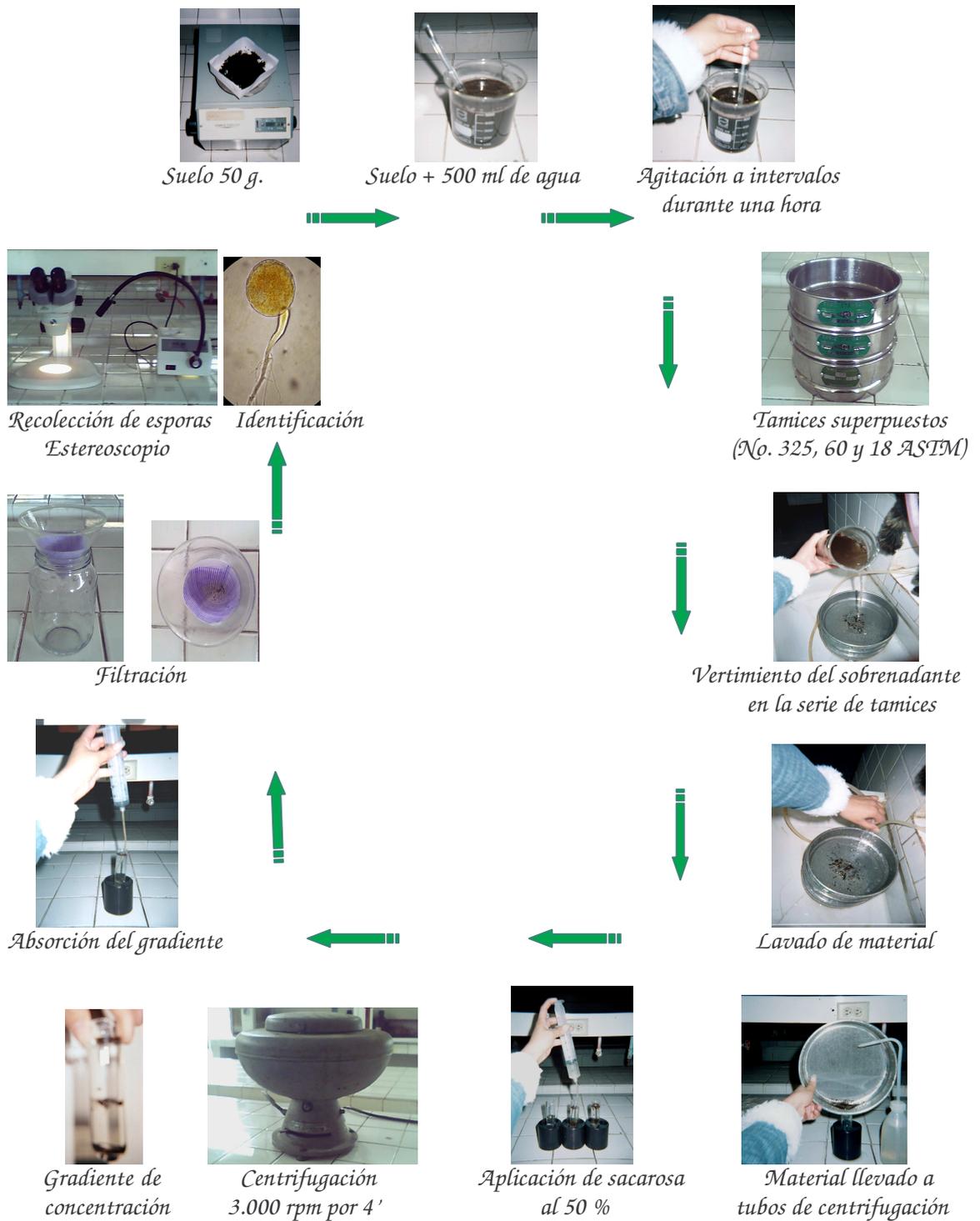
<sup>126</sup> SIEVERDING, E. Aspectos de la taxonomía y la identificación de hongos formadores de micorriza vesículo-arbuscular. En: Investigaciones sobre el primer curso nacional sobre micorrizas en Colombia. Memorias sobre el primer curso nacional sobre micorrizas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia, 1989. p. 209 – 223.

**Figura 8.** Proceso de tinción de raíces de *Freziera sp.*



Fuente: esta investigación.  
Fotos: Deysy Muñoz Guerrero.

**Figura 9.** Proceso de aislamiento de esporas.



Fuente: esta investigación.

Fotos: Deysy Muñoz Guerrero.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS EN DONDE SE LOCALIZÓ EL MOTILÓN SILVESTRE (*Freziera sp*)

Los análisis de suelos realizados en los Laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, permitieron analizar algunas de las propiedades físicas y químicas que se presentan en cada modalidad de crecimiento (Anexo 3).

En términos generales el análisis granulométrico determinó un grado textural franco para bosque secundario y árboles dispersos en potrero y sin textura (orgánico) para lindero. Las propiedades químicas de estos suelos corresponden a una relación del suelo (pH) fuertemente ácido (4.9 para bosque secundario y árboles dispersos en potrero y 4.7 en lindero). El contenido de materia orgánica es alto, al igual que la capacidad de intercambio catiónico.

El contenido de P es bajo presentando para bosque secundario 4.32 ppm, árboles dispersos en potrero 4.63 ppm y 2.16 ppm en lindero. Presenta bajos contenidos de Ca, Mg, B y S y un alto contenido de K. La relación Ca/Mg en general se considera estrecha (ICA, 1992)<sup>127</sup>.

El porcentaje de saturación de Al es superior del 27%, considerado alto (27%, 34% y 41.66% para bosque secundario, árboles dispersos en potrero y lindero respectivamente) y la relación C/N es alta (mayor de 17) (ICA, 1992)<sup>128</sup>.

Berch (1987), citado por Sánchez de Prager, manifiesta que diferentes cepas de hongos MA pueden presentar distintos efectos en el crecimiento y niveles de colonización en una misma planta hospedera, y que esto depende de factores nutricionales como pH, contenido de P, balance de nutrimentos, elementos tóxicos, contenido de materia orgánica, etc., los cuales afectan las cepas fungosas de manera diferente<sup>129</sup>.

El pH del suelo influye cualitativa y cuantitativamente en la formación de micorrizas<sup>130</sup>. Las MA tiene una amplia capacidad de adaptación a condiciones de

---

<sup>127</sup> ICA, Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de asistencia técnica Vol. 25. ICA, Bogotá, 1992. 64 p.

<sup>128</sup> Ibid., p. 64.

<sup>129</sup> SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Op, cit., p. 227.

<sup>130</sup> SIQUEIRA, J. Op, cit., p. 235.

pH, éstos se han registrados desde valores de 2.7 a 9.2<sup>131</sup>, Especies del género *Glomus*, que con pocas excepciones, prefieren suelos con pH próximo al neutro o alcalino, lo contrario se ha observado para la mayoría de especies del género *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora* y *Entrophospora*, que prefieren los suelos ácidos<sup>132</sup>. Los resultados de ésta investigación coinciden con lo manifestado anteriormente.

La materia orgánica según los análisis de suelos, en general, es alta. Para Rivera (1998)<sup>133</sup>, la materia orgánica influye sobre el funcionamiento de la MA al alterar las propiedades del suelo. Barea (1991)<sup>134</sup> manifiesta que es difícil establecer correlación entre materia orgánica y parámetros cualitativos y cuantitativos del desarrollo de la MA.

Según Joner y Jakobsen (1995) y Rillig y Steinberg (2002), citados por Sánchez de Prager, han observado frecuentemente una acción sinérgica entre las aplicaciones de materia orgánica y MA y aunque no es claro su efecto, se explica frecuentemente en términos de disponibilidad de nutrientes para la planta hospedera, de incremento de comunidades microbianas que favorece la acción de la MA y el mejoramiento de la agregación del suelo que favorece el metabolismo microbiano en general y la producción de fosfatasas microbianas<sup>135</sup>.

Estudios en trigo realizados por Ryan (1994), citado por Pérez<sup>136</sup>, encontraron que la colonización por micelio total de MA era dos o tres veces mayor en un suelo bajo manejo orgánico, que en uno con manejo convencional. Los altos contenidos de materia orgánica, favorecen el número de esporas, ya que ella estimula la formación de estructuras micorrízicas. Lo que se corrobora al observar un número considerable de esporas durante la identificación de los géneros.

A bajas concentraciones de P en la solución del suelo, bastante frecuente en América Latina, incluidos los suelos de esta investigación, las plantas micorrizadas presentan más alta capacidad de absorción<sup>137</sup>. En esta forma, la MA se convierte en un eslabón en esta cadena por su participación en la captación de dicho elemento<sup>138</sup>.

---

<sup>131</sup> BAREA, J.; JEFFRIES, P. Op, cit., p. 521 – 560

<sup>132</sup> SIQUEIRA, J. et al. Op, cit., p. 235.

<sup>133</sup> RIVERA, E. Op, cit., p. 115.

<sup>134</sup> BAREA, J.; JEFFRIES, P. Op, cit., p. 521 – 560.

<sup>135</sup> SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Op, cit., p. 479.

<sup>136</sup> PÉREZ, J., et., al. Micorriza arbuscular en Maracuyá (*Pasiflora edulis*) en el manejo de ecológico y convencional en el Norte del Valle del Cauca. En: Endomicorrizas y agroecosistemas. XVIII Congreso de fitopatología y ciencias afines. CIAT, Palmira, Colombia, 1997. p. 290 - 308.

<sup>137</sup> SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Op, cit., p. 479.

<sup>138</sup> BORIE, F.; BAREA, J. Ciclo del fósforo: Formas del elemento en los suelos y su disponibilidad para las plantas y microorganismos. En: Anales de edafología y Agrobiología. Vol. 11, No. 12. 1981. p. 353 – 364.

Según Sieverding, Cadavid y Galves (1984), la MA es conocida por aumentar la eficiencia en la nutrición fosfórica de plantas en suelos ácidos e infértiles<sup>139</sup>. En general el beneficio de las MA para la planta se incrementa en suelos con baja disponibilidad de P<sup>140</sup>, caso que se presenta en esta investigación.

Los suelos del área experimental, bosque secundario, árboles dispersos en potrero y lindero, presentan bajos contenidos de Ca y Mg. Una práctica agronómica recomendada para suplir las necesidades de Ca y Mg en los cultivos es el encalamamiento que también es utilizado para reducir la acidez del suelo y la saturación de Al. Los resultados de algunos trabajos sugieren que algunas especies de MA son susceptibles al encalamamiento, lo cual hace que se reduzca la diversidad de poblaciones<sup>141 142 143</sup>.

En trabajos por Habte y Soedarjo (1995) encontraron un efecto positivo por encalamamiento del suelo de *Acacia mangium* inoculada con *Glomus aggregatum*, encontraron que las condiciones ácidas extremas deterioran la efectividad e infectividad de los hongos inoculados; mejoró la actividad de microorganismos al mejorar las deficiencias de P, Ca, Mo y al disminuir la toxicidad por exceso de Al<sup>144</sup>.

En cuanto al contenido del K, se ha encontrado que a niveles muy bajos o muy altos se inhibe el desarrollo de los HMA<sup>145</sup>. Los suelos del área experimental de esta investigación presentan un contenido alto de K. Mosse (1982), considera que la absorción de este nutrimento se incrementa en plantas micorrizadas y puede presentar niveles altos de infección y número de esporas en contenidos medios y altos de K<sup>146</sup>.

Sánchez de Prager (1997), hace relación del K con la tolerancia de las plantas micorrizadas a la sequía; el nivel nutricional de P y K juega un papel fundamental en la regulación del agua en la planta<sup>147</sup>.

---

<sup>139</sup> SIEVERDING, E.; CADAVID, L.; GÁLVEZ, A. Ecología de la micorriza vesículo arbuscular en Yuca y el efecto de algunas prácticas agronómicas incluyendo la inoculación de campo sobre ella y la producción de Yuca. En: Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. Vol. 10. Palmira, Colombia, 1984. p. 194 – 207.

<sup>140</sup> HAYMAN, D. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. En: Canadian Journal of botany. Vol. 61. New Delhi, 1983. p. 944 – 963.

<sup>141</sup> SIEVERDING, E. Op, cit., p. 370.

<sup>142</sup> ROMERO, G. Op, cit., p. 70.

<sup>143</sup> ARINES, J. Op, cit., p. 203 – 220.

<sup>144</sup> HABET, M.; SOEDARJO, M. Micorrhizal inoculation effect in *Acacia mangium* growth in an acid oxisol amended with gypsum. In: Journal of plant nutrition. Vol. 18, No. 10. Londres, 1995. p. 59 – 73.

<sup>145</sup> SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Op, cit., p. 227.

<sup>146</sup> MOSSE, B. Op, cit., p. 82.

<sup>147</sup> SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Op, cit., p. 81 - 92.

El aluminio es uno de los elementos de mayor abundancia de la corteza terrestre<sup>148</sup>; los resultados de los análisis de suelo muestran un porcentaje de saturación de Al superior al 27%, considerándose alto. En condiciones de elevada acidez, la solubilidad del Al aumenta, pudiendo causar toxicidad a plantas y microorganismos del suelo; en este aumento se ven afectados la MA en cuanto a la germinación de esporas y crecimiento micelial<sup>149</sup>.

Estudios realizados por Moluf et. al. (1988), Medeiros et. al., (1994) y Silva et. al. (1994), citados por Siqueira, indican que la tolerancia de las plantas al Al puede estar relacionada con la absorción de P por la MA; por lo tanto existen variaciones en la especificidad en tolerancia de MA al exceso de Al<sup>150</sup>.

De la interpretación de los análisis de suelo, de bosque secundario, árboles dispersos en potrero y lindero, se puede determinar que son de baja fertilidad desde el punto de vista agrícola. Barea (1991), afirma que la formación de MA se ve favorecida por baja a moderada fertilidad, aunque algunos se adaptan a altos niveles de fertilidad<sup>151</sup>. Los resultados de este estudio concuerdan con lo manifestado por Barea, encontrándose árboles de Motilón silvestre (*Freziera sp*) micorrizados.

### 3.2. PORCENTAJE DE INFECCIÓN EN RAÍCES

El porcentaje de colonización por MA en las raíces de los hospederos evaluados se presenta en el Cuadro 1 y en la Figura 10 se observan las estructuras infectivas de los HMA.

**Cuadro 1.** Porcentaje de infección en raíces de Motilón silvestre (*Freziera sp*)

MODALIDAD DE CRECIMIENTO	ESPECIES DE MOTILÓN SILVESTRE (Tratamientos)			
	<i>F. candicans</i>	<i>F. canensces</i>	<i>F. nervosa</i>	<i>F. suberosa tulasne</i>
Bosque Secundario	34,20	39,67	41,49	31,62
Árboles dispersos en potrero	39,60	29,76	42,58	37,76
Lindero	39,64	30,33	42,75	32,57

Fuente: esta investigación

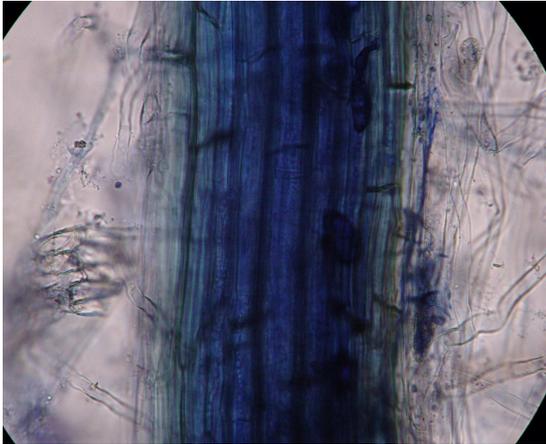
<sup>148</sup> VERZANI, A. As micorrizas e o excesso de metais. *En: Avancaos em fundamentos e aplicacao o de micorrizas.* Departamento de ciencia do solo. Brazil, 1996. p. 135 – 174.

<sup>149</sup> *Ibid.*, p. 135 – 174.

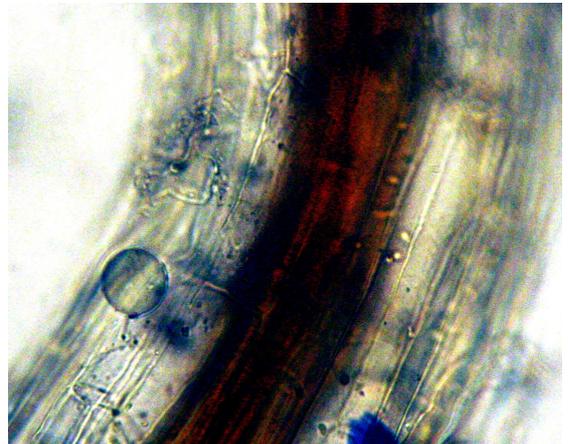
<sup>150</sup> *Ibid.*, p. 135 – 174.

<sup>151</sup> BAREA, J., *et al.* Op, cit., p. 149 -173.

**Figura 10.** Estructuras infectivas externa e internas en raíces de *Freziera* spp.



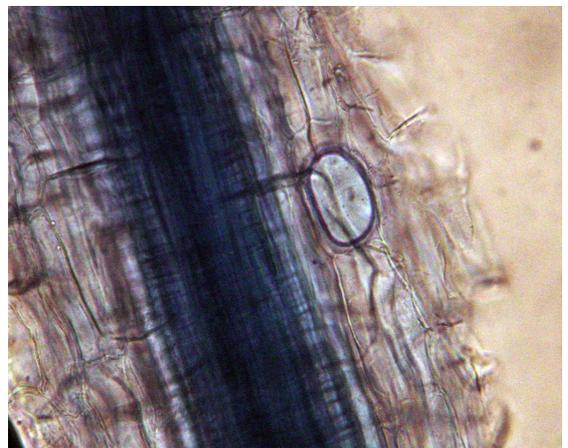
a. Micelio interno presente en raíces de *F. suberosa tulasne* (40X). Árboles dispersos en potrero.



b. Espora interna presentes en raíces de *F. canensces* (40X). Lindero.



c. Espora interna presente en raíces de *F. suberosa tulasne* (40X). Bosque secundario



d. Espora interna presente en raíces de *F. suberosa tulasne* (40X). Bosque secundario.

Fuente: esta investigación.  
Fotos: Deysy Muñoz Guerrero.

**Figura 10.** Estructuras infectivas externa e internas en raíces de *Freziera* spp.



e. Espora externa y arbusculos (40X) presentes en raíces de *F. nervosa*. Árboles dispersos en potrero.



f. Vesícula aislada de la rizosfera de *F. candidans* (10X). Árboles dispersos en potrero.



g. Vesícula presente en raíces de *F. candidans* (10X). Bosque secundario.

Fuente: esta investigación.  
Fotos: Deysy Muñoz Guerrero.

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza, conforme al modelo estadístico asociado al diseño de bloques completos al azar (BCA), éste no presentó diferencias estadísticas significativas en los cuatro hospederos evaluados (Anexo 3); debido a que las condiciones ambientales y características físico-químicas, de los suelos de las tres modalidades de crecimiento son homogéneas; así como el estado fitosanitario de los hospederos estudiados, la edad de los árboles, el grado de erosión del suelo y algunos otros factores abióticos, posiblemente, pudieron incidir sobre la presencia de MA.

Estudios realizados por Sánchez (1997), mostraron porcentajes de colonización en árboles frutales que fluctúan entre 54 y 75% considerándolo alto<sup>152</sup>; de igual manera Botero, et al. (2003), encontraron, en seis especies forestales, niveles de colonización que varían entre 66 y 67% considerándolo alto<sup>153</sup>. Erazo y Ortiz (2000), determinaron en Laurel de cera porcentajes de infección que fluctuaron entre 4.16 a 26.66%, lo consideraron bajo<sup>154</sup>. Los porcentajes de infección que se presentaron en este estudio fluctuaron entre 42.75% y 29.76%, por lo que se consideran a los niveles de colonización como medios.

Tomando el promedio de todos los tratamientos se puede determinar que los valores más bajos de infección radical se obtuvieron en la especie *F. canescens* con 29.76% y 30.33% establecidos en árboles dispersos en potrero y lindero respectivamente. Los porcentajes de infección más altos se presentaron en *F. nervosa* con 42.75% para lindero y árboles dispersos en potrero en la misma especie con 42.58% (Figura 11).

En el bosque secundario se observó un mayor porcentaje de infección en *F. nervosa* y el nivel más bajo fue para *F. suberosa tulasne*; en árboles dispersos en potrero se determinó que el porcentaje más alto se encuentra en la especie *F. nervosa* y el porcentaje más bajo en *F. canescens*; y para lindero el porcentaje más alto fue para *F. nervosa* y el más bajo en *F. canescens*.

Haciendo una relación entre las especies de Motilón silvestre y las tres modalidades de crecimiento se encontró que los porcentajes más altos son para *F. nervosa* tanto en lindero como en árboles dispersos en potrero y los más bajos se presentaron en *F. canescens* para árboles dispersos en potrero y linderos.

Azcon y Barea (1988), afirman que la infectividad del hongo depende de la interacción con un tipo de suelo y las condiciones del cultivo; la colonización o no

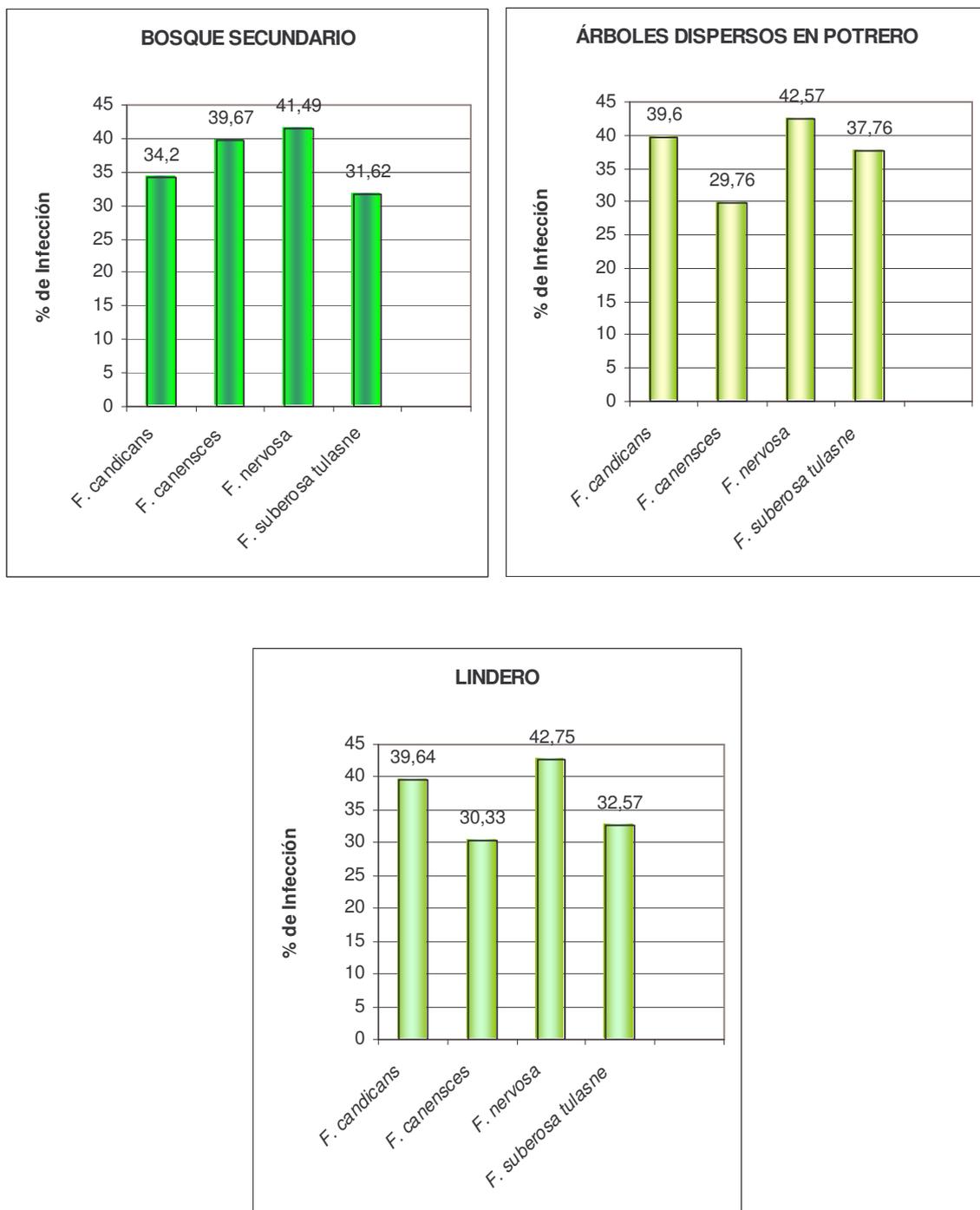
---

<sup>152</sup> SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Op, cit., p. 81 - 92.

<sup>153</sup> BOTERO, M., et al. Micorrizas. En: Microorganismos del suelos identificados en un sistema agroforestal. ISBN: 958-97273-5-2 CORPOICA. Mnzales, 2003. p. 66 – 77.

<sup>154</sup> ERAZO, J.; ORTIZ, J. Op, cit., p. 90.

**Figura 11.** Porcentaje de infección por HMA en raíces de Motilón silvestre (*Freziera sp*), en tres modalidades de crecimiento.



Fuente: esta investigación

colonización obedece a las interacciones entre los componentes del sistema: el hongo, planta y las condiciones de fertilidad del suelo<sup>155</sup>.

Sieverding y Toro (1988), menciona que la rapidez de la infección y desarrollo de las plantas, depende de su presencia cualitativa así como las condiciones ambientales y del suelo<sup>156</sup>.

Según Saif (1984), el porcentaje de infección puede variar según la fertilidad nativa del suelo y según las especies de micorriza<sup>157</sup>.

### 3.3. IDENTIFICACIÓN DE ESPORAS DE MA

En las tres modalidades de crecimiento, las condiciones físicas y químicas del suelo, el estado fisiológico del hospedante al momento del muestreo, el clima y algunos otros factores abióticos determinaron posiblemente la población nativa de microorganismos en esta investigación.

Tanto en bosque secundario, árboles dispersos en potrero y lindero, se encontraron varios géneros de esporas nativas de MA asociadas a la rizosfera de cada una de las especies de *Freziera sp* (*candicans*, *canensces*, *nervosa* y *suberosa tulasne*) evaluadas. La taxonomía de las esporas se ha basado en sus características morfológicas; la base para la determinación del género son esporas que muestren conexiones hifales; si no las hay, es muy difícil decidir a cual género pertenecen y mucho más difícil a que especie<sup>158</sup>.

En este estudio se identificaron tres géneros de MA, uno pertenece al orden Glomerales, el género *Glomus* de la familia Glomeraceae y dos incluidas en el orden Diversisporales, el género *Acaulospora* de la familia Acaulosporaceae y el género *Gigaspora* de la familia Gigasporaceae (Cuadro 2).

El género *Glomus* se presenta en la rizósfera de todas las especies de *Freziera* y en cada una de las modalidades de crecimiento, al igual que el género *Acaulospora*. El género *Gigaspora* se encontró en bosque secundario asociadas a las especies *F. candicans* y *F. canensces*; en árboles dispersos en potrero se encontró en *F. candicans* y *F. nervosa* y en lindero se presentó en *F. canensces* y *F. nervosa*.

---

<sup>155</sup> AZCON, C.; BAREA, J. Op, cit., p. 90.

<sup>156</sup> SIEVERDING, E.; TORO, S. Op, cit., p. 173.

<sup>157</sup> SAIF, U. Interacción Rhizobium - HMA en leguminosas tropicales. En: Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. Palmira, 1984. 125 p.

<sup>158</sup> SIEVERDING, E. Op, cit., p. 209 – 223.

**Cuadro 2.** Identificación de géneros de MA en Motilón silvestre (*Freziera sp*)

MODALIDAD DE CRECIMIENTO	ESPECIE DE <i>Freziera</i>	GÉNEROS DE HMA		
		<i>Glomus</i>	<i>Acaulospora</i>	<i>Gigaspora</i>
Bosque secundario	<i>F. candicans</i>	X	X	X
	<i>F. canensces</i>	X	X	X
	<i>F. nervosa</i>	X	X	
	<i>F. suberosa tulasne</i>	X	X	
Árboles dispersos en potrero	<i>F. candicans</i>	X	X	X
	<i>F. canensces</i>	X	X	
	<i>F. nervosa</i>	X	X	X
	<i>F. suberosa tulasne</i>	X	X	
Lindero	<i>F. candicans</i>	X	X	
	<i>F. canensces</i>	X	X	X
	<i>F. nervosa</i>	X	X	X
	<i>F. suberosa tulasne</i>	X	X	

Fuente: esta investigación

Según Sieverding (1991)<sup>159</sup>, el género *Glomus* está clasificado dentro de las MA más competitivos y efectivos para el crecimiento de las plantas, ayuda a tomar el P, aumenta la longitud de la raíz y el porcentaje de colonización es bueno; situación que justifica la presencia de éste género en todos los tratamientos (Figura 12).

Las esporas del género *Glomus* se encuentran en suelos tropicales naturales con pH entre 5.0 y 6.0<sup>160</sup>. Los suelos de las diferentes modalidades de crecimiento presentan un pH entre 4.7 y 4.9, fuertemente ácidos, rango que se encuentra fuera de la máxima efectividad de este género. Probablemente es por esta razón que se observaron pocas esporas de este género durante su identificación, a pesar de que se encontró en todos los tratamientos, sin embargo, Sieverding (1991), menciona que algunas especies del género *Glomus* como *G. aggregatum* y *G. versiforme*, se han encontrado en muy amplio rango de pH, entre 3.8 y 8.0<sup>161</sup>.

Los resultados señalan, tal como lo manifestó Sieverding y Toro (1988), que a pesar de que los HMA se encuentran en forma natural casi en todos los suelos, su presencia cualitativa y cuantitativa puede variar considerablemente, aún en pequeñas áreas<sup>162</sup>.

<sup>159</sup> SIEVERDING, E. Op, cit., p. 370.

<sup>160</sup> ARINES, J. Op, cit., p. 203 – 220.

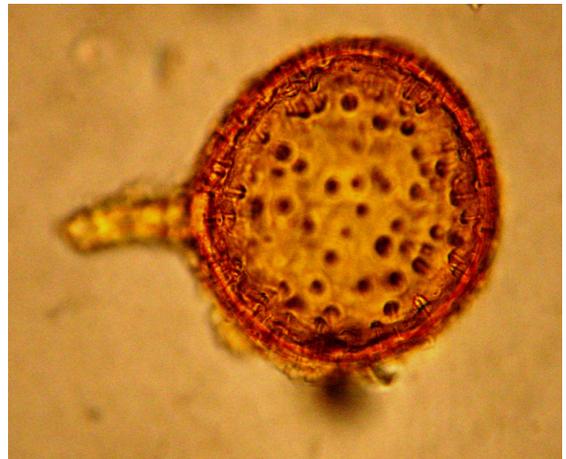
<sup>161</sup> SIEVERDING, E. Op, cit., p. 370.

<sup>162</sup> SIEVERDING, E.; TORO, S. Op, cit., p. 173.

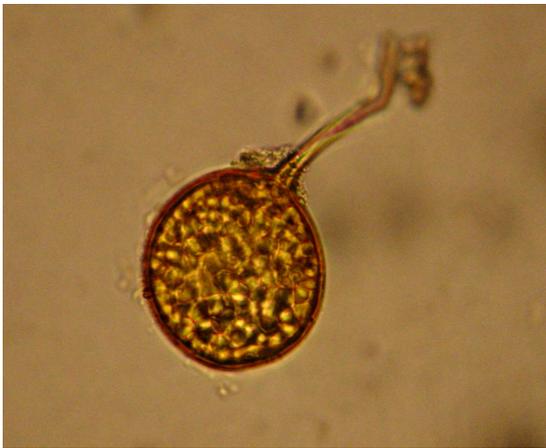
**Figura 12.** Esporas del género *Glomus* spp., presentes en *Freziera* sp.



a. Clamidosporas adheridas a una hifa (40X), aislada de la rizosfera de *F. candicans*. Lindero.



b. Espora aislada de la rizosfera de *F. candicans*. (40X).  
Árboles dispersos en potrero.



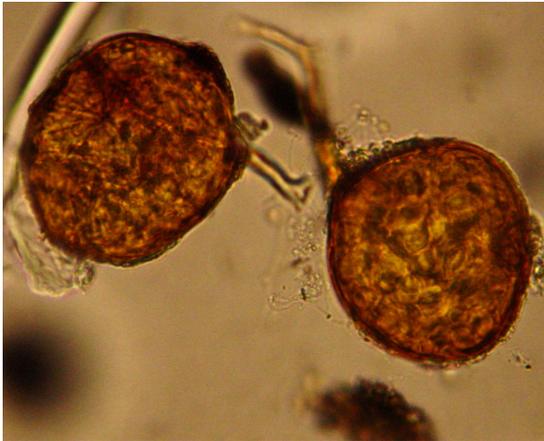
c. Espora aislada de la rizosfera de *F. canescens* (40X).  
Árboles dispersos en potrero.



d. Esporas aisladas de la rizosfera de *F. suberosa tulasne* (40X).  
Árboles dispersos en potrero.

Fuente: esta investigación.  
Fotos: Deysy Muñoz Guerrero.

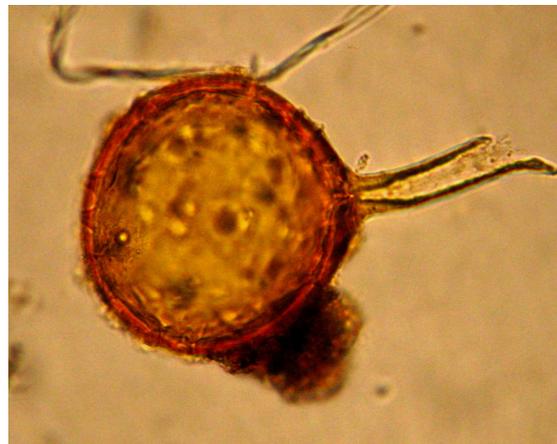
**Figura 12.** Esporas del género *Glomus spp.*, presentes en *Freziera sp.*



e. Esporas aisladas de la rizosfera de *F. canensces* (40X).  
Árboles dispersos en potrero.



f. Espora aislada de la rizosfera de *F. suberosa tulasne* (40X).  
Lindero.



g. Espora aislada de la rizosfera de *F. suberosa tulasne* (40X)  
Lindero.

Fuente: esta investigación.  
Fotos: Deysy Muñoz Guerrero.

Las esporas del género *Acaulospora*, para Sieverding (1991), se caracterizan por encontrarse en rangos de pH muy amplios, entre 3.8 y 8.0<sup>163</sup>. Este género se encontró en todas las especies de *Freziera* y en cada uno de las modalidades de crecimiento, además se observaron un gran número de esporas en el momento de su identificación. La mayor presencia de este género, se debe a la adaptación de éste a las características físico-químicas del suelo en el área de estudio (Figura 13).

En cuanto al género *Gigaspora*, según Arines (1991), se encuentra en suelos tropicales naturales con pH de 4.5 a 5<sup>164</sup>. A pesar de que se dan las condiciones físico-químicas para su establecimiento, se observo una baja cantidad de esporas durante su identificación e incluso en algunos tratamientos fue ausente. Lo cual coincide con lo mencionado por Sieverding (1991), el género *Gigaspora*, se ha clasificado dentro del grupo de los hongos micorrícicos de moderada efectividad, baja eficiencia y competitividad<sup>165</sup> (Figura 14).

Botero, et al. (2003)<sup>166</sup>, afirman que a pesar de estar densamente colonizado un sistema radical por una o varias especies de MA, sus beneficios no se correlacionan con los niveles de infección. Existen múltiples mecanismos por los cuales una planta reconoce su asociación con las MA y es a través de absorción de nutrientes del suelo y la activación de mecanismos de defensa de la planta donde estos hongos favorecen la asociación con su simbiote.

Bever, et al. (2001), citados por Van Der Heijden, Wiemken y Sanders (2003)<sup>167</sup>, mencionan que las MA está presente en los ecosistemas no individualmente, sino como comunidades y se han encontrado hasta 37 taxas diferentes por sitio; los cuales pueden variar por su habilidad para suministrar nutrientes y promover el crecimiento de las plantas.

---

<sup>163</sup> SIEVERDING, E. Op. cit., p. 370

<sup>164</sup> ARINES, J. Op, cit., p. 203 – 220

<sup>165</sup> SIEVERDING, E. Op, cit., p. 370.

<sup>166</sup> BOTERO, et al. Op, cit., p. 66 – 77.

<sup>167</sup> VAN DER HEIJDEN, M.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I. Different arbuscular mycorrhizal fungi alter coexistence and resource distribution between co-occurring plant. In: New phytologist, Vol. 159. 2003, p. 569 – 578.

**Figura 13.** Esporas de *Acaulospora* spp., presentes en *Freziera* sp.



a. Azigospora con cicatriz o talluelo (40X), aislada de la rizosfera de *F. candicans*. Bosque secundario.



b. Azigospora adherida a hifa terminal dilatada (40X), aislada de la rizosfera de *F. suberosa tulasne*. Bosque secundario.



c. Azigospora con cicatriz o talluelo aislada de la rizosfera de *F. nervosa* (40X). Bosque secundario.



d. Espora aislada de rizosfera de *F. nervosa* (10X). Bosque secundario.

Fuente: esta investigación.  
Fotos: Deysy Muñoz Guerrero.

**Figura 13.** Esporas de *Acaulospora* spp., presentes en *Freziera* sp.



e. Espora aislada de la rizosfera de *F. suberosa tulasne* (10X).  
Árboles dispersos en potrero.



f. Espora aislada de la rizosfera de *F. candicans* (40X).  
Bosque secundario.



g. Espora aislada de la rizosfera de *F. canensces* (40X).  
Lindero.

Fuente: esta investigación.  
Fotos: Deysy Muñoz Guerrero.

**Figura 14.** Esporas de *Gigaspora* spp., presentes en *Freziera* sp.



a. Azigospora con hifa sustentora bulbosa (40X), aislada de la rizosfera de *F. candicans*. Bosque secundario.



b. Esporas aisladas de la rizosfera de *F. candicans* (10X). Bosque secundario.



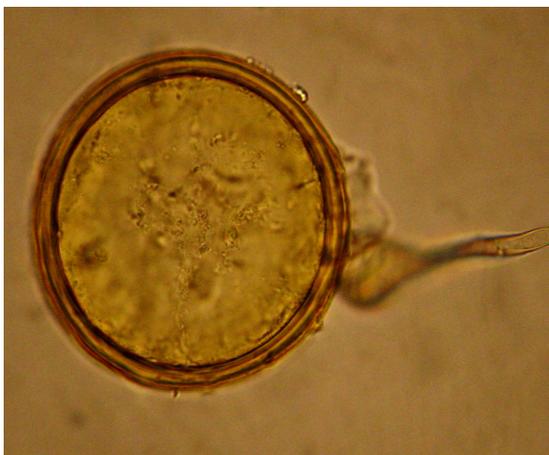
c. Espora aislada de la rizosfera de *F. canensces* (10X). Lindero.



d. Esporas aisladas de la rizosfera de *F. nerbosa* (10X). Lindero.

Fuente: esta investigación.  
Fotos: Deysy Muñoz Guerrero.

**Figura 14.** Esporas de *Gigaspora spp.*, presentes en *Freziera sp.*



e. Espora aislada de la rizosfera de *F. candicans* (40X).  
Bosque secundario.



f. Espora aislada de la rizosfera de *F. candicans* (40X).  
Árboles dispersos en potrero.

Fuente: esta investigación.  
Fotos: Deysy Muñoz Guerrero.

Las investigaciones realizadas por Saif (1984)<sup>168</sup>, Botero, et. al., (2003)<sup>169</sup>, Bonilla, Espinosa y Sánchez de Prager, (2005)<sup>170</sup>, Pérez, J., et., al., (1997)<sup>171</sup>, Erazo y Ortiz (2000)<sup>172</sup>, han demostrado que las MA, inclusive aislados de la misma especie, con frecuencia varían en sus efectos en el crecimiento de las plantas hospederas, incluso cuando los niveles de infección son similares.

Actualmente, los estudios de las MA tienen como base primordial la identificación de especies nativas, asociadas a los agroecosistemas por promover su actividad específica en virtud de su adaptación a determinadas especies y la prevalencia a través del tiempo<sup>173</sup>.

---

<sup>168</sup> SAIF, U. Op, cit., p. 125.

<sup>169</sup> BOTERO, M., et al. Op, cit., p. 66 – 77.

<sup>170</sup> BONILLA, F.; ESPINOSA, J.; SÁNCHEZ DEPRAGER, M. Op, cit., p. 326 – 351.

<sup>171</sup> PÉREZ, J., et., al. Op, cit., p. 290 – 308.

<sup>172</sup> ERAZO, J.; ORTIZ, J. Op, cit., p. 90.

<sup>173</sup> BOTERO, et al. Op, cit., p. 66 – 77.

Los resultados obtenidos en esta investigación, confirman que existe cierto grado de diversidad en cuanto a la presencia de la MA nativa en la rizósfera de Motilón silvestre (*Freziera sp*), generando un ambiente propio, al interactuar con las condiciones edafoclimáticas que se presentan en las zonas de estudio, para el crecimiento, la nutrición, la salud, a demás puede crear una resistencia en cuanto estrés de estas especies forestales.

Hoy se acepta que la sostenibilidad, tanto de los ecosistemas naturales como de los agroecosistemas, dependen del equilibrio entre los componentes biológicos del suelo; de hecho, se considera que la investigación en microbiología del suelo está adquiriendo interés en el contexto de sostenibilidad de los sistemas suelo-planta<sup>174</sup>.

Es por ello que dentro del panorama de la agricultura sostenible, la micorriza constituye un factor de obligatorio manejo, puesto que no solamente, afecta positivamente la producción vegetal sino que también produce beneficios ambientales en términos de un uso más racional de los fertilizantes.

Por lo tanto, dentro de los Sistemas agroforestales, la MA presenta un enorme potencial para su uso debido a las condiciones propias que se presentan en éstos y las múltiples ventajas que generan su uso y presencia en el suelo.

En este estudio se determinó la diversidad de MA presentes en el suelo, donde los tres géneros aislados (*Acaulospora spp*, *Glomus spp* y *Gigaspora spp*) pueden se utilizados como inoculantes en programas de repoblación vegetal con el propósito de recuperar suelos degradados con actividades de silvicultura, agroforestería, entre otros.

---

<sup>174</sup> BOTERO, et al. Op, cit., p. 66 – 77.

#### 4. CONCLUSIONES

- El Motilón silvestre (*Freziera sp*) desarrollado dentro del bosque secundario, como árbol disperso en potrero y lindero, presenta infección por MA.
- Los géneros de MA encontrados fueron *Acaulospora*, *Glomus* y *Gigaspora*, los que corresponden a las familias Acaulosporaceae, Glomaceae y Gigasporaceae, respectivamente.
- Los porcentajes de infección por MA fluctuaron entre 42.75 y 29.76%, siendo mayor en bosque secundario con 41.49%, para árboles dispersos en potrero con 42.57% y lindero con 42.75%; todos determinados en *Freziera nervosa*.
- El género *Glomus*, *Acaulospora* y *Gigaspora* se mostraron presentes en bosque secundario, árboles dispersos en potrero y lindero y en las especies *Freziera candicans*, *F. canensces*, *F. nervosa* y *F. suberosa tulasne* con excepción de *Gigaspora* que se mostró ausente en *F. suberosa tulasne*.

## 5. RECOMENDACIONES

- Realizar la identificación de especies de los géneros de MA aislados en *Freziera sp*, en suelos del corregimiento de Buesaquillo, veredas El Carmelo y Huecada.
- Evaluar la abundancia de las esporas de HMA presentes en la rizosfera de Motilón silvestre (*Freziera sp*).
- Evaluar el efecto de la inoculación de las micorrizas arbusculares en las especies de *Freziera* en la etapa del vivero.
- Evaluar las interacciones entre los hongos formadores de micorriza arbuscular identificados y sus hospederos y determinar la infectividad y efectividad de estas, en el Motilón silvestre (*Freziera sp*).

## BIBLIOGRAFIA

ARINES, J. Aspectos físico-químicos de la fijación y movilización biológica en nutrientes en el suelo y su incidencia en la formación y efectos de las micorrizas VA. En: Fijación y movilización biológica de nutrientes. Vol. 11. Madrid, España, 1991. p. 203 – 220.

AZCON, C.; BAREA, J. Micorrizas. En: Biología vegetal. Libros de investigación y ciencia. España, 1988. p. 83 -93.

AZCON, C.; BAREA, J.; ROLDAN, B. Avances recientes en el estudio de la micorriza VA. II: Factores que afectan su formación y función y aplicación en la agricultura. En: Anales de edafología y agrobiología. Vol. 5 y 6. Consejo superior de investigación científica. España, 1984. p 943 – 958.

BAREA, J., *et al.* Morfología, anatomía y citología de las micorrizas vesículo-arbusculares. En: Fijación y movilización biológica de nutrientes. Vol. II. España, 1991. p 149 -173.

BAREA, J.; JEFFRIES, P. Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil-plant sistemas. En: Mycorrhiza: Structure, función, molecular biology and biotechnology. Berlín, 1995. p. 521 – 560.

BASTIDAS, S.; SOLARTE, A. Determinación de hongos formadores de micorrizas arbusculares en los sistemas agroforestales tradicionales del municipio de Tumaco. Pasto, Colombia, 2004, 112 p. Tesis de grado (Ingeniería Agroforestal). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

BONILLA, F.; ESPINOSA, J.; SÁNCHEZ DEPRAGER, M. Evaluación de HMA en *Guada angustifolia* en etapa de vivero. En: Endomicorrizas en suelos tropicales. Palmira, Colombia, 2005. p. 326 – 351.

BORIE, F.; BAREA, J. Ciclo del fósforo: Formas del elemento en los suelos y su disponibilidad para las plantas y microorganismos. En: Anales de edafología y Agrobiología. España, Vol. 11, No. 12. 1981. p. 353 – 364.

BOTERO, M., *et al.* Micorrizas. En: Microorganismos del suelos identificados en un sistema agroforestal. CORPOICA. Manizales, 2003. p. 66 –77.

CADENA, C.; CADENA, J. Evaluación de hongos formadores de micorrizas arbusculares en etapa de almacigo en cultivos de chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K.) cacao, (*Theobroma cacao* L) y borojó (*Borojoa patinoi* Cuatrecasas), en Tumaco,

Nariño, 2005. 108 p. Trabajo de grado (Ingeniería Agroforestal). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

CARLING, D.; BROWN, M. Anatomy and physiology of vesicular-arbuscular and nonmycorrhizae roots. *Phytopath.* Vol. 72, No. 8. 1982. p 1104 – 1108.

CORREDOR, G. Micorrizas arbusculares: aplicación para el manejo sostenible de los agroecosistemas. [en línea]. [Colombia] 2003 [citado Oct., 2007]. Disponible en Internet: [URL:http://www.turipana.com.co/2003](http://www.turipana.com.co/2003).

CUAYAL, J.; RAMIREZ, B. Especies vegetales nativas aptas para la recuperación de áreas de protección de cuencas altas del municipio de Pasto. San Juan de Pasto, 1993, 323 p. Trabajo de grado (Especialización en Ecología). Universidad de Nariño, Escuela de postgrado.

CURTIS, H.; BARNES, S. Micorriza. [en línea]. [Colombia] 2003 [citado Oct., 2007]. Disponible en Internet: [URL:http://www.es.wikipedia.org/wiki/Micorriza](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Micorriza).

ERAZO, J.; ORTIZ, J. Determinación de la presencia de hongos formadores de micorrizas arbusculares en el Laurel de cera (*Myrica pubescens*) en el municipio de San Pablo, departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2000, 90 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

FERRERA-CERRATO, R. Microbiología agrícola. Trillas, México, 2007. p. 568.

FERRERA, R.; GONZALES, M.; RODRIGUEZ, M. Manual de agromicrobiología. Trillas. México, 1993. 142 p.

FORERO, L.; CHAVES, G.; UNIGARRO, A. Evaluación cuantitativa de hongos formadores de micorriza vesículo arbuscular en malezas de clima medio. San Juan de Pasto: VIPRI, Universidad de Nariño, 1999. 111 p.

GÓMEZ, E.; SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Respuesta del pimentón (*Capsicum annuum* L.) a la evaluación con hongos VA. En: Boletín técnico. Universidad Nacional de Colombia. Vol. 2, No. 2. Palmira, Colombia, 1991. p. 103 – 122.

GUERRERO, E. Micorriza: fundamentos biológicos y estado del arte. En: Micorriza. Recurso biológico del suelo. Bogotá, Colombia, 1996. p. 1 – 46.

HABET, M.; SOEDARJO, M. Micorrhizal inoculation effect in *Acacia mangium* growth in an acid oxisol amended with gypsum. In: Journal of plant nutrition. Vol. 18, No. 10. Londres, 1995. p. 59 – 73.

HAYMAN, D. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. En: Canadian Journal of botany. Vol. 61. New Delhi, 1983. p. 944 – 963.

LEON, J.; MIRANDA, M. Estudio fenológico de diez especies forestales nativas en la microcuenca las Tiendas, municipio de Pasto. Pasto, Colombia, 2001, 136 p. Tesis de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

MADROÑERO, S.; OVIEDO, E. Selección de especies nativas como una alternativa para la posible revegetalización del terreno correspondiente a los rellenos sanitarios de Plazuelas y Santa Clara del municipio de Pasto. San Juan de Pasto, 2002, 181 p. Trabajo de grado (Biología énfasis en Ecología). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

MEJÍA, L.; PALENCIA, G. Abono orgánico, manejo y uso de un cultivo de cacao. Perú, 2005. 16 p. [en línea] [Colombia]. [Citado Oct. 2007] Disponible en Internet: URL:[http://www.turipana.org.co/abono\\_cacao.htm](http://www.turipana.org.co/abono_cacao.htm).

MENDOZA, H.; RAMIREZ, B. Plantas con flores de la planada. Bogotá, 2000, 224 p.

MONTAGNINI, F. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos 4 ed. San José, 1992. 622 p.

MONTANEZ, A. El estudio de las micorrizas arbusculares: limitantes y perspectivas. En: Agrociencia. Vol. 9 No. 1-2. Montevideo, Uruguay, 2005. p. 311-314.

MORTON, J.; BENNY, G. Revised classification of arbuscular micorrhizal fungi (Zygomycetes): a new orden, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporinae, and two families, Acaulosporaceae and Gigasporinae, with and emendation of Glomaceae. In: Mycotaxon. Vol. 37. 1991. p 471 – 491.

MORTON, J.; REDECKER, D. Two new families of *Glomales*, *Archaeosporaceae* and *Paraglomaceae*, with two new genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological, In: Mycologia Vol. 93 No.1. [en línea] [Colombia] 2001 [citado Oct., 2007]. [disponible en Internet: URL:<http://invam.caf.wvu.edu>].

MOSSE, B. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Hawaii, 1982. 82 p.

NEWMAN, E. Mycorrhizal links between plants: their functioning and ecological. In: Advances in ecological research. Vol. 18. Londres, 1988. p. 243 – 270.

PAEZ, O. Las micorrizas: alternativa ecológica para una agricultura sostenible. [en línea]. [Colombia] 2006 [citado Oct., 2007]. Disponible en Internet: URL:<http://www.soil-fertility.com/micohize/espegnol>.

PEÑAFIEL, J.; UNIGARRO, E. Determinación de la variabilidad, distribución y manejo del motilón silvestre (*Freziera sp*) en la cuenca alta del río Pasto, municipio de Pasto, departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2006, 92 p. Tesis de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

PÉREZ, J., et., al. Micorriza arbuscular en Maracuyá (*Pasiflora edulis*) en el manejo de ecológico y convencional en el Norte del Valle del Cauca. En: Endomicorrizas y agroecosistemas. XVIII Congreso de fitopatología y ciencias afines. CIAT, Palmira, Colombia, 1997. p. 290 – 308.

POWELL, C. Spread of mycorrhizal fungi through soil. New Zealand Journal of agricultural research. Vol. 22. 1979, p. 335 – 339.

RIVERA, E. Grado de micotrofia de dos especies vegetales fijadoras de nitrógeno útiles para la reforestación y recuperación de suelos degradados en el embalse de Tomine (Cundinamarca). Bogotá, Colombia, 1998. 115 p. Tesis de grado para maestría. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.

ROMERO, G. efecto de la acidez en la eficiencia de la micorriza en Yuca. Palmira, 1984. 70 p. Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia.

SAIF, U. Interacción Rhizobium - HMA en leguminosas tropicales. En: Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. Palmira, 1984. 125 p.

SAFIR, G. Micorriza arbusculo-vesicular y la producción agrícola. Estación agrícola experimental. Boletín técnico No. 8198. p. 201 - 217. s.f.

SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Endomicorrizas y agroecosistemas. XVIII Congreso de fitopatología y ciencias afines. CIAT, Palmira, Colombia, 1997. p. 81 - 92.

\_\_\_\_\_. Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia, 1999. 227 p.

\_\_\_\_\_. Micorrizas. En: Enciclopedia agropecuaria. Agricultura ecológica. Bogotá, 2001. p. 187 – 220.

\_\_\_\_\_. Endomicorrizas en suelos tropicales. Palmira, Colombia, 2005, 479 p.

SÁNCHEZ DE PRAGER, *et al.* Micorrizas arbusculares en maracuyá (*Passiflora edulis*) en manejo ecológico y convencional en el norte del Valle del Cauca. PRONATTA-U. Nacional de Colombia. Palmira, Colombia 2003. 290-380 p.

SIEVERDING, E. Manual de metodología para la investigación de la micorriza vesículo arbuscular en el laboratorio. CIAT, Cali, Colombia, 1983. 56 p.

\_\_\_\_\_. Aspectos de la taxonomía y la identificación de hongos formadores de micorriza vesículo-arbuscular. En: Investigaciones sobre el primer curso nacional sobre micorrizas en Colombia. Memorias sobre el primer curso nacional sobre micorrizas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia, 1984. p. 209 – 223.

\_\_\_\_\_. Vesícula-arbuscular micorriza management in tropical agroecosystems. GTA, Germany, 1991. 370 p.

SIEVERDING, E.; CADAVID, L.; GÁLVEZ, A. Ecología de la micorriza vesículo arbuscular en Yuca y el efecto de algunas prácticas agronómica incluyendo la inoculación de campo sobre ella y la producción de Yuca. En: Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. Memorias sobre el primer curso nacional sobre micorrizas. Universidad Nacional de Colombia. Vol. 10. Palmira, Colombia, 1984. p. 194 – 207.

SIEVERDING, E.; TORO, S. Efecto de la inoculación de hongos micorrízicos vesícula-arbuscular en plántulas de café (*Coffea arabica* L.) y té (*Camelia sinensis* L.O. Kuntze). En: Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. Vol. 2. Medellín, Colombia, 1988. 173 p.

SIQUEIRA, J. Biotecnología do solo. Fundamentos e perspectivas. Brasilia, Brasil, 1988. 235 p.

SIQUEIRA, P. Micorrizas. En: Microbiologia do solo. Sociedad de ciencia do solo. Brasil, 1992. p. 125 – 177.

SMITH, S.; BOWEN, G. Soil temperature, mycorrhizal infection and nodulation of *Medicago truncatula* and *Trifolium subterraneum*. In: Soil biology and biochemistry. Vol. 11. 1979. p. 469 – 473.

TRAPPER, J.; SCHENCK, N. Taxonomy of the fungi forming endomy corrhizae. A vesicular-arbuscular micorrhizal fungi (Endogonales). In: Method and principles of micorrhizal research. Vol. 798. Florida, 1982. p.1 – 9.

VAN DER HEIJDEN, M.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I. Different arbuscular mycorrhizal fungi alter coexistence and resource distribution between co-occurring plant. In: New phytologist, Vol. 159. 2003, p. 569 – 578.

VERZANI, A. As micorrizas e o excesso de metais. En: Avancaos em fundamentos e aplicacao o de micorrizas. Departamento de ciencia do solo. Brazil, 1996. p. 135 – 174.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1.

### COLORACIÓN DEL HONGO EN LA RAÍZ Y DETERMINACIÓN DE LA INFECCIÓN EN *Freziera sp.* (Sieverding 1983)<sup>175</sup>

- Se separan las raíces del suelo.
- Se las lava y coloca en tubos de ensayo.
- Se aplica KOH al 10% hasta que todas las raíces queden inundadas.
- Se calientan las raíces en KOH por 8 minutos (60 – 70°C) en baño María.
- Se decanta el KOH.
- Se lavan las raíces con agua destilada.
- Se aplica HCL al 10%.
- Se dejan las raíces por 5 minutos en HCl al 10%.
- Se lavan las raíces.
- Se aplica hipoclorito de sodio al 5% hasta que las raíces se tornen blancas.
- Se lavan las raíces con agua destilada.
- Se aplica azul de tripano al 0.05% en lactoglicerina.
- Se calienta las raíces en azul de tripano por 8 minutos (60 – 70°C) en baño María.
- Se aplica nuevamente lactoglicerina para extraer el exceso de colorante de la raíz y preservarlas.
- Para evaluar la infección se monta las raíces con agua en láminas.

---

<sup>175</sup> SIEVERDING, E. Op, cit., p. 56.

## ANEXO 2.

### METODO PARA LA SEPARACIÓN DE ESPORAS DEL SUELO (Sieverding 1983)<sup>176</sup>

En un beaker de un 600 ml se adicionan 50 gr de suelo con 300 ml de agua. Se agita varias veces, durante una hora. Después de 30 segundos de la última agitación se decanta a una serie de tamices números 18, 60 y 325 (ASTM). La agitación y la decantación se repiten dos veces. Se agita el contenido en el tamiz (1 mm) con un chorro fuerte de agua corriente; usando poca agua (20 – 30 ml) se pasan, separadamente, las fracciones de los tamices a tubos de centrifugación.

Se agita la suspensión en el tubo y se inyecta con una jeringa, al fondo del tubo, 20 – 25 ml de una solución de azúcar (1 libra de azúcar + 1 litro de agua destilada). En seguida se centrifuga a 3000 rpm durante 4 minutos. Debido a la centrifugación, hay una sedimentación de las partículas pesadas en el fondo del tubo. Las esporas se encuentran formando una capa en la superficie de la solución de azúcar. El material orgánico se queda en la superficie del agua.

Se saca la capa de esporas, usando una jeringa que tiene adaptada una manguera (5 mm de diámetro interno) a la parte donde se coloca la aguja. Las esporas se esparcen sobre el tamiz fino (45 mm). Se lavan las esporas en el tamiz con agua corriente. Se pasan las esporas con agua a una caja de Petri, de donde se separan y montan en portaobjetos, para su posterior identificación.

---

<sup>176</sup> SIEVERDING, E. Op, cit., p. 56.

#### ANEXO 4.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PORCENTAJE DE INFECCIÓN EN RAÍCES  
DE MOTILÓN SILVESTRE (*Freziera sp*)

<b>F de V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>FT</b>
BLOQUE	2	151,35867	75,6793	3,8517 <sup>NS</sup>	5.14
TRATAMIENTO	3	3,44784	1,15946	0.0590 <sup>NS</sup>	10,97
ERROR	6	117,88853	19,64808		
<b>TOTAL</b>	11	272,7256	24,7932		

### ANEXO 3.

#### ANÁLISIS DE LOS SUELOS DE BOSQUE SECUNDARIO, ÁRBOLES DISPERSOS EN POTRERO Y LINDERO

MUESTRAS	UNIDAD	BOSQUE SECUDARIO	ÁRBOLES DISPERSOS EN POTRERO	LINDERO
pH, Potenciómetro Relación Suelo: Agua (1:2)		4,9	4,9	4,7
Materia Orgánica Walkley-Black (Clorimétrico)	%	22,0	18,4	25,1
Densidad Aparente	g/cc	0,7	0,7	0,7
Fósforo (P) Bray II	ppm	4,32	4,63	2,16
Capacidad Intercambio Catiónico (CIC)	Meq/100g	51,2	42,0	54,4
Calcio de Cambio		3,1	1,5	1,7
Magnesio de Cambio		1,03	1,56	0,74
Potacio de Cambio		0,73	0,81	0,93
Aluminio de Cambio		1,80	2,00	2,40
Boro ppm, Método de Agua Caliente	ppm	0,29	0,03	0,15
F=Franco-Ar=Arcilloso-A=Arenoso		F	F	Orgánico
Nitógeno Total %		0,71	0,64	0,75
Carbono Orgánico %		12,77	10,69	14,58
Azufre disponible	ppm	6,00	5,18	5,32

Fuente: Laboratorio de Suelos Universidad de Nariño (2008).

