



Programa Nacional de Transferencia  
de Tecnología Agropecuaria  
PRONATTA

# **LAS MICORRIZAS COMO ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO NUTRICIONAL DE PASTURAS Y ESPECIES FRUTALES EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE**

Carmen Rosa Salamanca Solís

**BOLETIN TECNICO No 20**

Noviembre de 1999  
Villavicencio, Meta, Colombia

# LAS MICORRIZAS COMO ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO NUTRICIONAL DE PASTURAS Y ESPECIES FRUTALES EN EL GUAVIARE

## INFORME FINAL DE ACTIVIDADES

### COLABORADORES Y ENTIDADES VINCULADAS AL PROYECTO

#### COEJECUTORES

Sandra Trufem	Bióloga - Taxónoma	Instituto de Botánica - Brasil
Roberto Rodríguez	Ingeniero Agrónomo	Corpoica - Guaviare
Liliana Rozo	Microbióloga	Corpoica - Santafé de Bogotá
María del Rosario Silva	Fitopatóloga	Unillanos - Villavicencio
Angélica María Jiménez	Bióloga	Ciat- Palmira
Angélica Conde Mesa	Microbióloga	Corpoica - Villavicencio

#### COLABORADORES

Margarita Ramírez	Microbióloga	Corpoica - Santafé de Bogotá
José Eurípides Baquero	Ingeniero Agrónomo	Corpoica - Villavicencio
José Orlando Arguello	Químico	Corpoica - Villavicencio
Ruben Alfredo Valencia	I.A. Genetista	Corpoica - Villavicencio
Alvaro Rincón Castillo	Ingeniero Agrónomo	Corpoica - Villavicencio
Oscar Pardo Barbosa	Zootecnista	Corpoica - Villavicencio
Nora Cubillos Quintero	Comunicadora	Corpoica - Villavicencio
Guillermo Vargas	Ingeniero Agrónomo	Sinchi - Guaviare
Claudia Patricia Valero	Auxiliar Laboratorio	Corpoica - Villavicencio
Rafael Savana	Auxiliar de Campo	Corpoica - Guaviare
Carlos Coy	Auxiliar de Campo	Corpoica - Guaviare
Nora Yaneth Moreno	Secretaria	Corpoica - Villavicencio
Florive Castañeda	Secretaria	Corpoica - Guaviare

**LAS MICORRIZAS COMO ESTRATEGIA DE  
MEJORAMIENTO NUTRICIONAL DE PASTURAS  
Y ESPECIES FRUTALES EN EL DEPARTAMENTO  
DEL GUAVIARE**

Esta publicación fué posible gracias a los recursos de cofinanciación del Programa Nacional de Transferencia de Tecnología PRONATTA, del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.

Autor:  
Salamanca S. C.R.\*

Corpoica Regional 8  
Programa Regional de Transferencia de Tecnología  
Villavicencio, Meta, Colombia  
Noviembre de 1999  
Edición: Nora E. Cubillos Quintero  
Código: 02.02.20 08.32.99.  
Impresión: Comunicar Asesores  
Tiraje: 500 ejemplares

---

\* IA MSc en ciencias, investigador Programa Regional Agrícola Corpoica Regional 8 C.I, La Libertad Email-  
Corpoica@villavicencio.cetcol.net.co A.A. 3129 Villavicencio, Meta, Colombia

## PRESENTACION

*En la Amazonia existe gran biodiversidad y las relaciones entre los componentes ecológicos, tanto ambientales como edáficos garantizan el ciclaje de los nutrientes y determinan la sostenibilidad. La mayoría de los sistemas de producción introducidos en el ecosistema amazónico alteran el equilibrio biológico y aceleran el proceso de degradación, debido a la tala y quema del Bosque Húmedo Tropical que interrumpe el ciclo natural de los nutrientes y generan disminución en la productividad a través del tiempo.*

*Los suelos del ecosistema amazónico del Guaviare comprenden cerca de 630.000 hectáreas, son en general de origen sedimentario, poco evolucionados, de lo cual se deriva su baja fertilidad y susceptibilidad a la degradación; por otra parte el bajo nivel tecnológico, los bajos ingresos económicos y la dificultad para el transporte de insumos limita el uso de las fuentes de nutrientes necesarios para obtener una eficiente producción agropecuaria.*

*Una alternativa para solucionar la problemática del frente de colonización del Guaviare fue determinar el efecto del uso de las micorrizas como fuente biológica de nutrimentos para mejorar la calidad nutricional de las pasturas y especies frutales como estrategia para aprovechar su efecto sobre el ciclaje de nutrientes y la productividad a un menor costo ecológico y económico.*

**Jaime Triana Restrepo**  
Director Corpoica Regional 8

# CONTENIDO

	Pag.
1. INTRODUCCION	6
2. MATERIALES Y METODOS	7
2.1 Localización	7
2.2 Condicioness Agroecológicas	7
2.3 Recolección de suelo rizoférico en el departamento del Guaviare 1996	8
2.4 Separación de esporas e identificación de los hongos micorrízicos arbusculares (H.M.A.) nativos del departamento del Guaviare 1996	8
2.5 Multiplicación de la población de H.M.A. nativos e introducidos en experimento de invernadero 1997.	9
2.6 Evaluación del efecto de las micorrizas en la producción de forraje y la calidad nutricional de pasturas. San José del Guaviare 1998	9
2.6.1 Fertilización de establecimiento	9
2.6.2 Inoculación con micorrizas y siembra de las pasturas	9
2.6.3 Evaluación de establecimiento, producción de forraje y calidad nutricional (Metodología de CIAT, 1982)	9
2.7 Evaluación del efecto de las micorrizas en el desarrollo de las especies frutales: Arazá, borojó y chontaduro en vivero. San José del Guaviare 1998.	10
3. RESULTADOS Y DISCUSION	
3.1 Identificación de las especies nativas de hongos micorrízicos en zonas con pasturas y frutales en el área del frente de colonización en el departamento del Guaviare.	10
3.2 Evaluación y selección de la población de hongos micorrízicos nativos e introducidos a nivel de campo en las especies <i>B. decumbens</i> y <i>B. dictyoneura</i>	12
3.3 Evaluación y selección de las mejores especies de hongos micorrízicos nativos y/o introducidos a nivel de vivero en algunas especies frutales de la zona.	19
4. CONCLUSIONES	23
5. RECOMENDACIONES	24

## **LAS MICORRIZAS COMO ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO NUTRICIONAL DE PASTURAS Y ESPECIES FRUTALES EN EL DEPARTAMENTO GUAVIARE**

**Carmen Rosa Salamanca Solís**

### **1. INTRODUCCION**

Los hongos micorrízicos arbusculares (H.M.A.) son un importante grupo de organismos nativos del suelo que se asocian a las raíces de la mayoría de las especies vegetales. La asociación mutualista es de amplia distribución natural en plantas tropicales y ambos componentes de las Micorrizas Arbusculares (MA): hongo – raíz (planta) resultan beneficiados. Las M.A. contribuyen substancialmente en el establecimiento, productividad, conservación y sostenibilidad de los ecosistemas naturales y agroecosistemas y en la recuperación de aquellos degradados por el manejo inadecuado.

El desarrollo de las M.A. se puede ver afectado por factores edafoclimáticos y bióticos como son: El tipo de comunidad vegetal, condiciones fisiológicas de la planta hospedera, interacciones con otros organismos del suelo (antagonistas o sinérgicas), la introducción de prácticas antrópicas (deforestación, sistemas de cultivo, aplicación de agroquímicos, etc.).

La importancia práctica de las M.A. como recurso microbiológico de los ecosistemas naturales en el trópico húmedo, es conocida como una alternativa que contribuye al desarrollo de sistemas de producción sostenibles y aporta los siguientes beneficios: Incrementa la eficiencia de las plantas para la absorción, translocación y transferencia de los nutrientes del suelo en especial los que se difunden lentamente como el P, NH<sub>4</sub>, K, Ca y S, también participan en el transporte activo de los micronutrientes como el Zn, Cu, B y Mo. Otros microelementos esenciales para las plantas como Fe y Mn se encuentran generalmente en mayores concentraciones en plantas micorrizadas; además del aporte directo de nutrientes, los H.M.A. juegan un papel importante en el ciclaje y evitan su fijación o lavado; mejora las relaciones hídricas; restaura las condiciones físicas y la fertilidad del suelo en ecosistemas degradados; mejora la agregación y previene la erosión; estimula el crecimiento vegetal y mejora la calidad nutricional de las especies vegetales. Adicionalmente las plantas micorrizadas son más tolerantes a condiciones adversas del ambiente y están protegidas de organismos patógenos radiculares.

En el ecosistema amazónico del Guaviare existe gran biodiversidad y el equilibrio de los componentes bióticos y edafoclimáticos garantiza el ciclaje de nutrientes y determina la sostenibilidad del sistema natural. La mayoría de los sistemas de producción introducidos en la Amazonia alteran el equilibrio biológico degradan el ecosistema y generan inestabilidad de la producción.

El proceso destructivo del Bosque Húmedo Tropical, los bajos niveles de fertilidad, el alto contenido de Aluminio intercambiable, así como el bajo nivel tecnológico para el manejo de los pastos introducidos y para la producción agropecuaria en los frentes de colonización crean conflicto entre la aptitud del suelo de la Amazonia y su uso actual.

El presente estudio realizado en la región amazónica intervenida del Guaviare constituye un aporte al conocimiento acerca de la biodiversidad y distribución de las micorrizas nativas y el uso de tecnologías de producción que involucran el aprovechamiento del recurso biológico, como estrategia para contribuir al desarrollo de sistemas de producción sostenibles que permitan conservar e incrementar la eficiencia potencial de las micorrizas nativas con el fin de mejorar la calidad nutricional de las pasturas y especies frutales de la región.

## 2 MATERIALES Y METODOS

### 2.1 Localización

La investigación se desarrolló en el departamento del Guaviare, ubicado en la zona de intercepción de la Orinoquia y Amazonia colombiana a 240 m.s.n.m., en el período comprendido entre 1996-1999.

El área de muestreo se ubicó en la zona de colonización del Guaviare, que comprende los municipios de San José, El Retorno y Calamar, localizada geográficamente entre  $72^{\circ} 30'$  –  $74^{\circ} 50'$  de longitud oeste y los  $1^{\circ} 50'$  –  $2^{\circ} 40'$  de latitud norte del meridiano de Greenwich. (Andrade & Etter, 1987, citado por Martínez, 1993). (Figura 1).

Los experimentos se instalaron en la Concentración de Desarrollo Rural (CDR), en San José del Guaviare.



Figura 1. Mapa del Departamento del Guaviare

Fuente: Plan de Desarrollo Departamental del Guaviare. 1995-1997

### 2.2 Condiciones agroecológicas

**Clima:** El régimen climático de la región Amazónica es de bosque húmedo tropical (Holdridge, 1968), con precipitación promedio (1987-1998) anual de 2.299.5 m.m., la cual se concentra principalmente entre los meses de abril a noviembre, y una época seca en los meses de diciembre a marzo. La evaporación promedio de 83.3 m.m., la humedad relativa de 84.17% (Figura 2). La temperatura promedio es de  $25.4^{\circ}\text{C}$ , el brillo solar es de 138.37 horas/mes, (SINCHI, 1998).

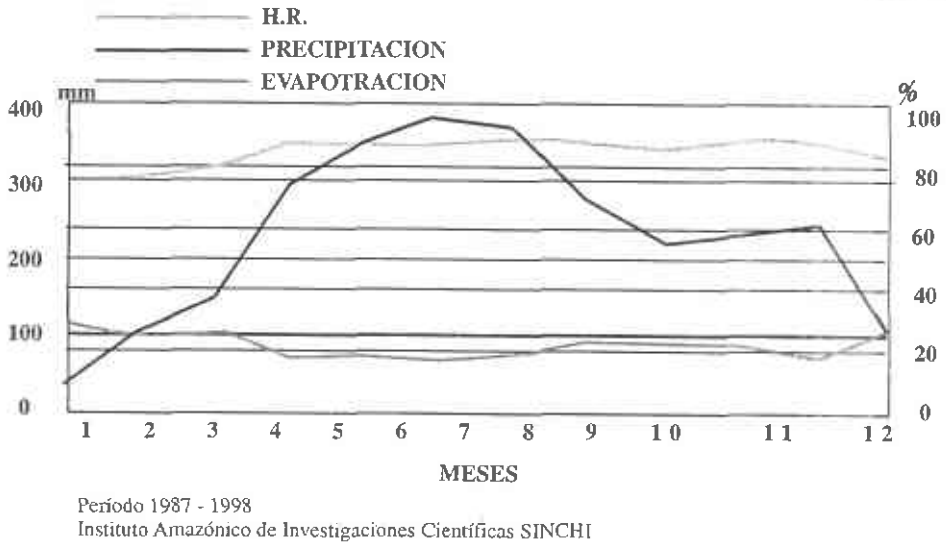


Figura 2. Comportamiento de algunas variables climáticas. Media Anual. Estación Experimental El Trueno. San José del Guaviare.

**Suelo:** Los suelos de la zona de Tierra Firme, son de origen sedimentario y se caracterizan por ser poco evolucionados, por presentar acidez, baja fertilidad, bajo contenido de materia orgánica, deficientes en fósforo, alto contenido de aluminio y susceptibilidad a la degradación física, química y microbiológica. (Andrade & Etter, 1987). Los suelos predominantes se clasifican como Oxisoles y Ultisoles (Soil Survey Staff, 1990, citado por Martínez, 1993).

### 2.3 Recolección de suelo rizosférico en el Guaviare. 1996

La recolección del suelo rizosférico de las pasturas y especies frutales, se realizó en los municipios de San José, El Retorno y Calamar.

Las especies frutales muestreadas fueron: Arazá (*Eugenia stipitata*), Borojó (*Borojoa sorbilis*), Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y el pasto *Brachiaria (Brachiaria decumbens)*. Las muestras de suelo rizosférico de las especies vegetales fueron tomadas de 0 a 20 cm. de profundidad. Se tomó una muestra compuesta de cuatro submuestras por especie en cuatro localidades para frutales en ocho localidades para el pasto.

### 2.4 Separación de esporas e identificación de los hongos Micorrízicos arbusculares (H.M.A.) nativos del Guaviare. 1996

- La separación de las esporas extraídas del suelo rizosférico se realizó por el método de Ohms (1957) modificado por Sieverding (1989). Posteriormente se procedió al conteo de esporas contenidas por gramo de suelo.
- La determinación del porcentaje de infección (colonización) de raíces se efectuó según la técnica original de Phillips y Hayman (1970), descrita por Sieverding (1989).
- La identificación de los hongos micorrízicos arbusculares (H.M.A.) nativos asociados a la rizosfera de frutales y pasturas en el Guaviare, fue realizada en diciembre de 1996 por la Dra. Sandra F. B. Trufem del Instituto de Botánica del Brasil, de acuerdo a las características morfológicas de las esporas de cada género y especie, descritas en el Manual para la Identificación de los hongos Micorrízicos VA (Shenck y Pérez, 1990).

## 2.5 Multiplicación de la población de H.M.A nativos e introducidos en experimento de invernadero. 1997.

La multiplicación de esporas de H.M.A. nativos del Guaviare e introducidos (*Acaulospora longula*, *Acaulospora spinosa* y *Glomus clarum*) suministrados por el CIAT, se realizó en el invernadero del Programa Semillas del ICA en el Centro de Investigaciones La Libertad en Villavicencio, en materas con suelo de terraza alta, desinfectado, donde se uso millo (*Penicetum glaucum*) como cultivo hospedero y después se recolectó el suelo más las raíces que contenía la población de esporas de H.M.A. asociados a *B. decumbens* y de las especies frutales arazá, borjón y chontaduro con una densidad de 30 esporas/g. suelo, que fue aplicado como dosis por planta.

- La fertilización del suelo se realizó de acuerdo a las recomendaciones del CIAT para suelos de baja fertilidad y los productos se aplicaron en solución con las siguientes proporciones de cada elemento: 50 kg/ha. N, 25 kg/ha. P, 50 kg/ha K, 25 kg/ha. Mg, 2 kg/ha Zn y 1.470 kg/ha de Cal. (Sieverding, 1989).

## 2.6 Evaluación del efecto de las micorrizas en la producción de forraje y la calidad nutricional de pasturas. San José del Guaviare. 1998

Para evaluar la producción de forraje y la calidad nutricional de las pasturas, se instaló un experimento de campo en camas con suelo desinfectado, distribuidas en franjas completas al azar con tres repeticiones, localizadas en la concentración escolar de Desarrollo Rural, en San José del Guaviare.

### 2.6.1 Fertilización de establecimiento

Antes de la siembra de las pasturas, se aplicaron al voleo e incorporaron a 20 cm. de profundidad en las camas con suelo, la cal dolomita, roca fosfórica Carolina del Norte y Azufre. La fertilización con N, K, Mg. se aplicó al surco, después de establecidas las pasturas (10 semanas) y después del primer corte (15 semanas). (Tabla 1).

Tabla 1. Fertilización para el establecimiento de las pasturas (*B. decumbens* y *B. dictyoneura*)

Elemento	Dosis (kg/ha)	Fuente	Dosis Producto (kg/ha)	Cama 12 m <sup>2</sup> (g/cama)
N	50	Urea <sup>2</sup>	109	131
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	50	Roca Fosfórica <sup>1</sup> Carolina del Norte	165	198
K <sub>2</sub> O	30	Cloruro de Potasio <sup>2</sup>	50	60
Mg	20	Sulfato de Magnesio <sup>2</sup>	127.4	153
S	20	Flor de Azufre <sup>1</sup>	23.5	28
Ca	44	Cal Dolomita <sup>1</sup>	200	240

Fuente: Manual para la evaluación Agronómica de Pastos Tropicales. CIAT, 1982.

<sup>1</sup>Incorporados antes de la siembra

<sup>2</sup>Fraccionados: Después de establecidas las pasturas (10 semanas) y después del primer corte (15 semanas)

### 2.6.2 Inoculación con micorrizas y siembra de las pasturas

Los tratamientos consistieron en la aplicación de una población de micorrizas nativas del Guaviare, una población de micorrizas introducidas (CIAT) y tres niveles de fertilización (0-50-100%) y dos pasturas *B. decumbens* y *B. dictyoneura* y un testigo con suelo natural desinfectado y otro sin desinfectar.

### **2.6.3 Evaluación de establecimiento, producción de forraje y calidad nutricional (Metodología de CIAT, 1982)**

La evaluación de forraje verde ( $\text{g/m}^2$ ) y producción de materia seca de las pasturas ( $\text{g/m}^2$ ) se realizó en la 15 semana de establecidas las pasturas y posteriormente, se efectuó un corte de uniformidad del pasto a 10 cm de la superficie del suelo.

Después del corte de uniformidad (6 semanas) se tomaron muestras de 300 g. de forraje verde en forma manual simulando el pastoreo del animal, para el análisis de contenido de nutrientes. La proteína cruda (P.C.) se determinó por el método de microkjeldahl (AOAC, 1980). La fibra en detergente neutro (FDN) por el método de Van Soest et al, 1991; y la degradabilidad se determinó por la técnica de la bolsa de nylon (Mehrez y Orskok, 1997). Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Suelos y de Nutrición Animal de CORPOICA – Villavicencio. Para determinar el forraje verde ( $\text{g/m}^2$ ) y materia seca ( $\text{g/m}^2$ ) de las pasturas, se tomaron las muestras de pasto con un marco de  $0.25 \text{ m}^2$  con corte a 2 cm de la superficie del suelo. Adicionalmente, se realizó el muestreo de suelo rizosférico en los diferentes tratamientos para el análisis del porcentaje de infección de raíces y conteo de esporas.

### **2.7 Evaluación del efecto de las micorrizas en el desarrollo de las especies frutales: Arazá, borojó y chontaduro en vivero. San José del Guaviare, 1998.**

Para evaluar el desarrollo de las especies frutales arazá, borojó y chontaduro, se sembraron semillas previamente desinfectadas y lavadas, en germinadores con aserrín como sustrato en el vivero con sombreado del 70%, que después de 60 a 90 días de germinadas fueron transportadas a bolsas plásticas.

Antes de la siembra, se procedió a la aplicación de los tratamientos al suelo con la población de micorrizas nativas e introducidas. Se aplicaron los tratamientos de fertilización con 15-15-15 (0-5-10 g/planta) y se dejó un testigo sin inocular y sin fertilizar.



**Especies frutales en vivero en el CDR, San José del Guaviare**

## **3. RESULTADOS Y DISCUSION**

Determinación del efecto del uso de micorrizas como estrategia de mejoramiento nutricional de pasturas y especies frutales en el frente de colonización del Guaviare

### 3.1 Identificación de las especies nativas de hongos micorrízicos en zonas con pasturas y frutales en el área del frente de colonización del departamento del Guaviare.

- La alta colonización de las raíces de las especies frutales: Arazá (53.8%), Borojó (60.1%), Chontaduro (67%) y *B. decumbens* (74.8%) por los hongos micorrízicos nativos y el bajo número de esporas por gramo de suelo 6.0-8.0 indica que las plantas muestreadas en el Guaviare presentaban una óptima asociación micorrízica. (Figura 3). El mayor porcentaje de infección de las raíces se presentó en *B. decumbens*, lo cual confirma que las gramíneas son micotróficas dependientes, propiedad que permite un mejor establecimiento de las pasturas en suelos ácidos y de baja fertilidad. (Figura 3).

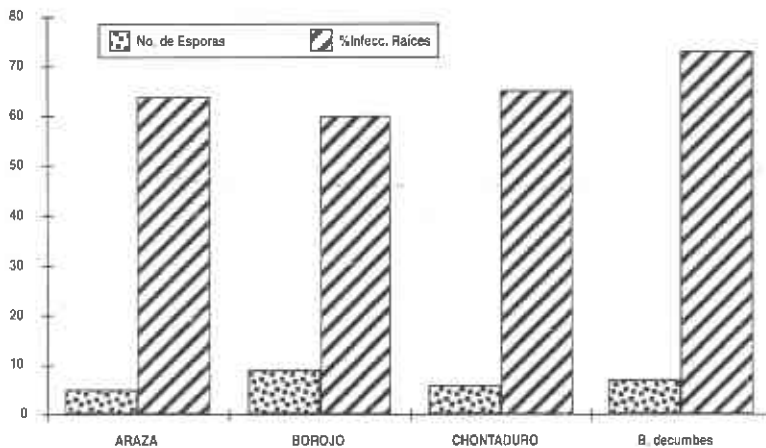


Figura 3. Número de esporas y porcentaje de infección de raíces en suelo rizosférico de especies frutales y pasturas del Guaviare. 1996

La gramínea *B. decumbens* es la especie vegetal que predomina en las localidades muestreadas en el Guaviare y se encontró asociada al mayor número de especies de H.M.A. nativos representados en cuatro géneros: *Glomus* (cinco especies), *Acaulospora* (dos especies), *Entrophospora* (una especie) y *Scutellospora* (una especie). El número de especies identificadas al separar las esporas del suelo rizosférico muestreado en los municipios del Guaviare: San José, El Retorno y Calamar, reflejan en parte la diversidad de las especies de H.M.A. según Sieverding, 1991. La diversidad decrece en los ecosistemas tropicales naturales por la introducción de sistemas agrícolas.

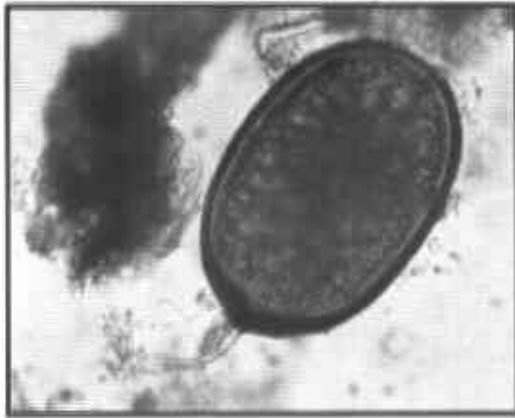
Tabla 2. Identificación de los H.M.A. aislados en suelo rizosférico del Guaviare

ESPECIE VEGETAL	HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES (H.M.A.)
Arazá	<i>G. macrocarpum</i> , <i>G. etunicatum</i> , <i>G. geosporum</i> , <i>Glomus</i> sp., <i>E. colombiana</i>
Borojó	<i>G. macrocarpum</i> , <i>G. etunicatum</i> , <i>A. tuberculata</i> , <i>E. colombiana</i>
Chontaduro	<i>G. macrocarpum</i> , <i>G. etunicatum</i> , <i>E. colombiana</i>
Brachiaria decumbens	<i>G. macrocarpum</i> , <i>G. etunicatum</i> , <i>G. geosporum</i> , <i>G. tenebrosum</i> , <i>G. aggregatum</i> , <i>E. colombiana</i> , <i>A. morrowiae</i> , <i>A. tuberculata</i> , <i>S. persica</i>

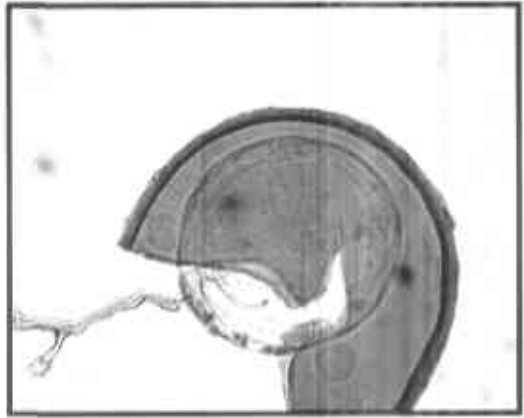
Taxónoma: Sandra Trufem. Instituto de Botánica del Brasil

GENEROS:

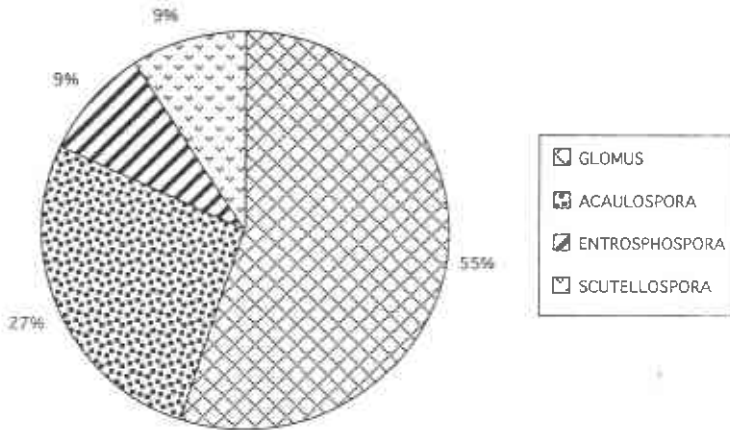
G= *Glomus*, E= *Entrophospora*, A= *Acaulospora*, S= *Scutellospora*



**Glomus macrocarpum**



**Entrophospora colombiana**



**Figura 4. Distribución de los H.M.A. nativos en el Guaviare. 1997**

Los resultados confirman el concepto de especificidad ecológica de las Micorrizas Arbusculares (M.A.) pues *G. macrocarpum*, *G. etunicatum* y *E. colombiana* presentaron mayor frecuencia en las diferentes localidades y especies vegetales. En *B. decumbens* se encontró la mayor diversidad de H.M.A. y presentó mayor afinidad con el género *Glomus* (55%).

### **3.2 Evaluación y selección de la población de hongos micorrízicos nativos e introducidos a nivel de campo en las especies *B. decumbens* y *B. dictyoneura*.**

De las tierras amazónicas, solo el 1% tiene mediana aptitud para los pastos; sin embargo, las pasturas representan cerca del 32% del área total dedicada a la producción ganadera, en el frente de colonización del Guaviare donde predomina el *Brachiaria decumbens* con 73% del área sembrada (Quejada et al, 1988 citado por Martínez, 1993).

Aunque el pasto *Brachiaria* se adapta bien a los suelos ácidos y de baja fertilidad y tolera sequía, la producción de materia seca depende de las condiciones agroecológicas y del manejo del sistema de producción.

Para contribuir con el manejo sostenible de las pasturas en el área de colonización del Guaviare, se realizó el presente estudio de las micorrizas como alternativa para el mejoramiento de la producción de forraje y calidad nutricional de las pasturas.

- Cobertura:** Los resultados de la evaluación después del establecimiento (10 semanas), indican una mayor cobertura del suelo con *B. decumbens* con respecto a *B. dictyoneura* en las tres edades de la pastura (10, 15 y 21 semanas) y la mayor diferencia se observó en la 10ª semana con 42 y 19 %, en la 15ª semana con 88 y 58%, y a la edad de 21 semanas con 100 y 85%, respectivamente, para *B. decumbens* y *B. dictyoneura*. (Figura 5).



Evaluación de cobertura, en el CDR San José del Guaviare

**Producción de forraje:** En la producción de materia seca (M.S.) se presentó diferencia significativa entre pasturas, fertilización y en la interacción pastura por fertilización. La evaluación se realizó con dos frecuencias de corte una a las 5 semanas después de establecidos los pastos y otra después del corte de uniformidad (11 semanas).

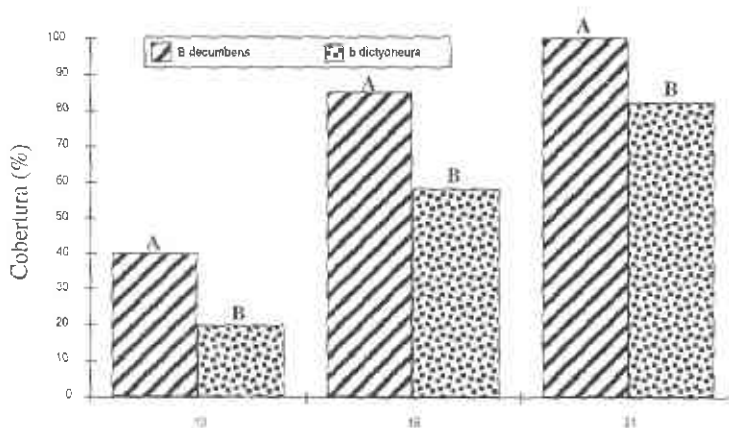


Figura 5. Evaluación de coberturas en tres edades de las pasturas (*B. decumbens* y *B. dictyoneura*)

Se observó una mayor acumulación de M.S. en *B. decumbens* con 2.330 kg/ha y 3.025 kg/ha., en el primer corte respectivamente mientras que en *B. dictyoneura* se logró 1.365 kg/ha y 2.169 kg/ha. En la inoculación con micorrizas no se presentó diferencia entre los tratamientos, con una producción de 1.716 kg/ha y 2.733 kg/ha con suelo natural, 1.806 y 2.727 kg/ha con micorriza nativa y con micorriza introducida 1.927 kg/ha y 2.376 kg/

ha. En el tratamiento sin fertilización se logró la mayor producción de forraje con 2.187 kg/ha y 3.027 kg/ha, en las dos épocas de corte. (Figura 6). La falta de respuesta a la fertilización de las pasturas se debió probablemente al buen nivel de fertilidad del suelo de las camas.

De acuerdo con los resultados obtenidos de los ensayos regionales de la RIEPT (1979-1992, citados por CIAT, 1995) en el Piedemonte del Caquetá, la capacidad de producción de M.S. en *B. decumbens* fue de 1.456 kg/ha y 3.770 kg/ha y para *B. dictyoneura* de 2.110 kg/ha y 3.040 kg/ha en la época de máxima precipitación con frecuencia de corte de 6 y 12 semanas. Según Pérez y colaboradores, 1992, citado por Pardo, 1999, el rendimiento de M.S. para *B. decumbens* en el Retorno - Guaviare fue de 1.277 kg/ha y para *B. dictyoneura* de 1.110 kg/ha, con una frecuencia de corte de 6 semanas.

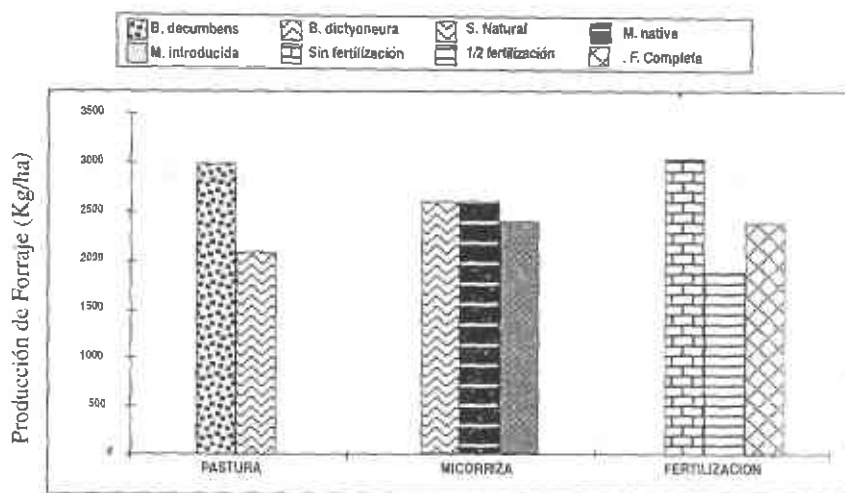


Figura 6. Efecto de la asociación micorrizica y la fertilización en la producción de forraje de pasturas. 6 semanas

**Calidad de pasturas:** Al evaluar el valor nutritivo del forraje a las 6 semanas del corte de uniformidad, se encontró diferencia significativa por efecto de las especies de *Brachiaria*, en términos de proteína cruda (P.C.) y digestibilidad. En el pasto *B. decumbens* se presentó un contenido promedio de 14.9% y 78% y en *B. dictyoneura* de 12.1% y 78.5%, respectivamente. En el contenido de fibra (F.D.N.), se presentó un efecto inverso, donde *B. dictyoneura* presentó un contenido 66.2% y *B. decumbens* con 58.6%. (Figura 7).

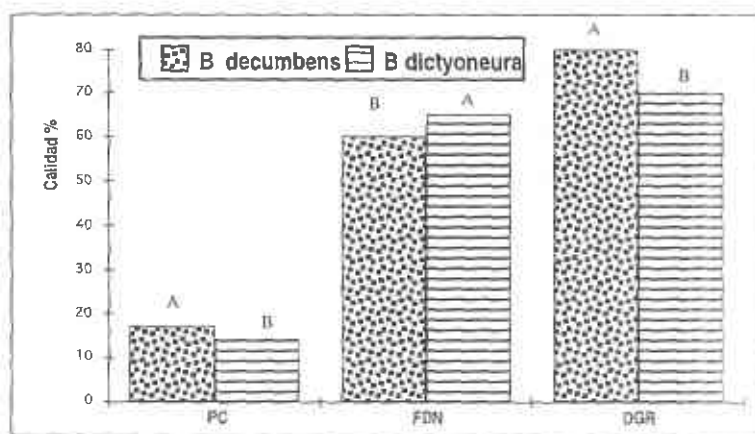


Figura 7. Evaluación de la calidad de pasturas. 6 semanas

El contenido de P.C. y digestibilidad de las dos pasturas cosechadas en época de invierno fue superior al rango (5.50 – 5.28%) reportado por CIAT, en 1995 para *B. decumbens* y con una edad de corte de 5.6 y 7.5 semanas y para *B. dictyoneura* en el Piedemonte Llanero, donde el contenido de P.C. fluctuó entre 6.5 y 10.6% y la digestibilidad entre 62 y 65% a la edad de 4.4 y 6.2 semanas, en la época de lluvia.

**Número de esporas:** La evaluación del número de esporas por gramo de suelo se realizó en la 6 semana después del corte de uniformización y presentó diferencias significativas para la interacción pastura por micorriza y por fertilización.

En cuanto a las pasturas, se presentó mayor número de esporas (11 esporas/g. suelo) en *B. decumbens* con relación a *B. dictyoneura* con 8 esporas por gramo de suelo.

Las micorrizas nativas inoculadas presentaron mayor número de esporas (12 esporas/g. suelo), con respecto al suelo natural y a las micorrizas introducidas (8 y 9 esporas/g. suelo), respectivamente.

Adicionalmente, se observó un mayor número de esporas (13 esporas/g. suelo) con la mitad de la fertilización con respecto al tratamiento sin fertilización y con fertilización completa con 11 y 6 esporas por gramo de suelo. (Figura 8).

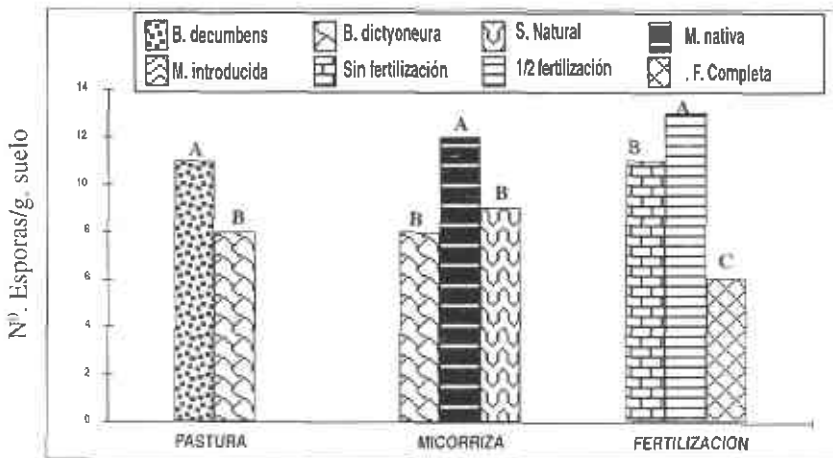


Figura 8. Efecto de la asociación micorrizica en pasturas y la fertilización en el número de esporas. 6 semanas

**Infección de raíces:** No se observó diferencia entre *B. decumbens* y *B. dictyoneura* con 26 y 24% de colonización de raíces, respectivamente y se presentó diferencia significativa en la interacción micorriza por fertilización.

Al inocular el material vegetativo de las pasturas con micorrizas, no se presentó diferencia entre la micorriza introducida (M.I.) y micorriza nativa con 28 y 25% de infección respectivamente, pero si de la M.I. con respecto al suelo natural (sin inocular) que presentó 23% de infección de raíces.

Con la aplicación de la fertilización completa, se obtuvo el mayor porcentaje de infección de raíces (31%) con respecto a la mitad de la fertilización y al tratamiento sin aplicación de fertilizantes (25 y 23% de infección respectivamente). (Figura 9).

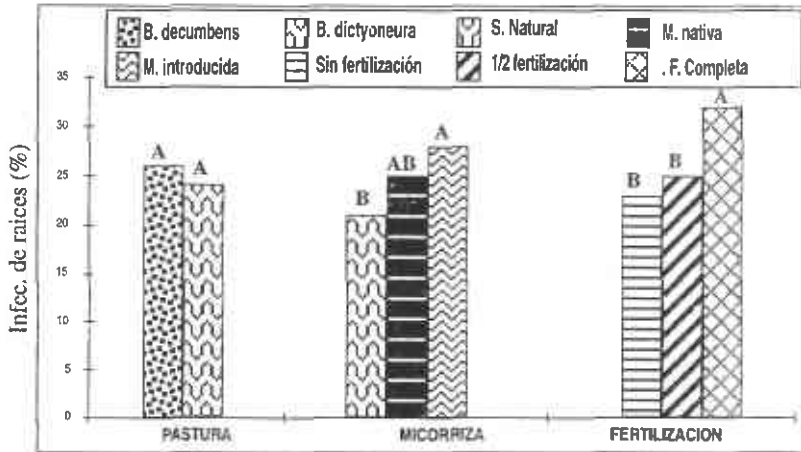


Figura 9: Efectos de la asociación micorrízica en pasturas y la fertilización en la infección de raíces. 6 semanas

Se observó una relación inversa entre el número de esporas de hongos micorrízicos por gramo de suelo rizosférico y el porcentaje de colonización de las raíces en las pasturas, lo cual concuerda con lo reportado por varios investigadores.

**Contenido de nutrientes:** Al analizar el contenido de nutrientes en el tejido vegetal de las pasturas, en la época lluviosa y después de 6 semanas del corte de homogenización, se presentó diferencia significativa por efecto de la especie de pastura la fertilización y las micorrizas.

Los resultados indican mayor eficiencia en la absorción de nutrientes del pasto *B. decumbens* con respecto a *B. dictyoneura*, con un incremento relativo de 68.7% en N, 63.9% en  $P_2O_5$ , 67.4% en  $K_2O$ , 86.5% en Ca, 34.9% en S, 18.2% en Mg, 65.6% en Zn, 75.5% en Cu y 37.26% en B. (Figura 10).

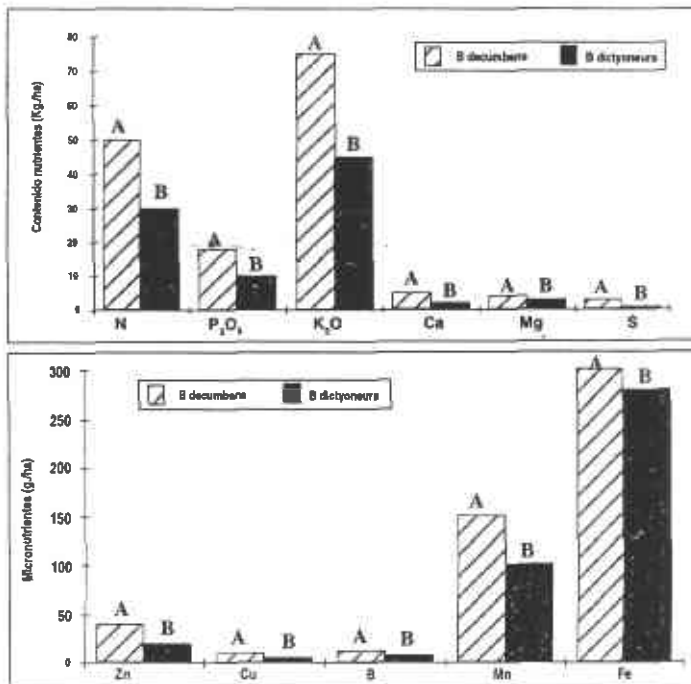


Figura 10. Contenido de nutrientes en pasturas

Las pasturas no presentaron respuesta a la fertilización con: N, P, K, Ca, Mg, S. Estos resultados se deben probablemente a que el suelo de las camas presentaba buena fertilidad y la asociación micorrízica fue eficiente para la captación y transporte de los nutrientes en el sistema suelo-planta.

La mayor eficiencia del inóculo de las micorrizas nativas con respecto a las introducidas se refleja en la mayor absorción de los nutrientes P, Ca, Mn; en cuanto al Zn se presentaron mayores contenidos en los tratamientos con suelo natural y micorriza introducida con respecto a la micorriza nativa inoculada. Se observó un efecto significativo de las micorrizas en el contenido de P en el tratamiento con suelo natural (15.9 kg/ha/ $P_2O_5$ ) y micorriza nativa (14.6 kg/ha/ $P_2O_5$ ) con respecto a la micorriza introducida (12.1 kg/ha). (Figura 11).

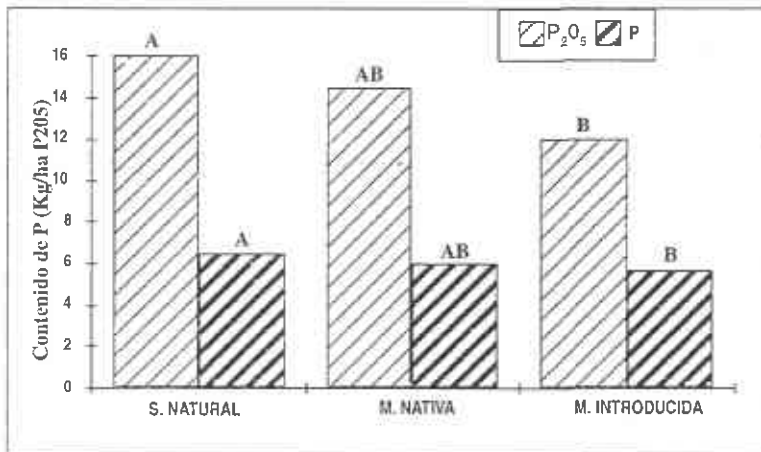
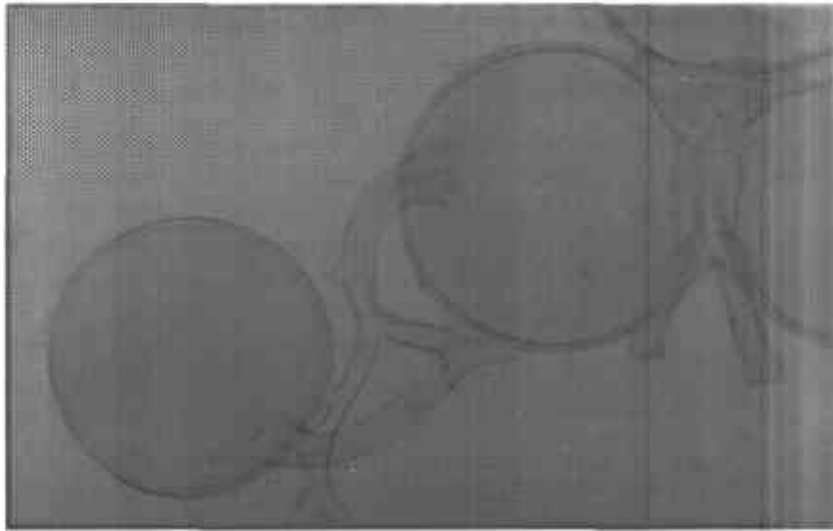


Figura 11. Efecto de las micorrizas en el contenido de P en pasturas. 6 semanas

En el contenido de los nutrientes K y Mg., no presentó diferencias entre los tratamientos con micorrizas naturales, inóculo nativo e introducido.

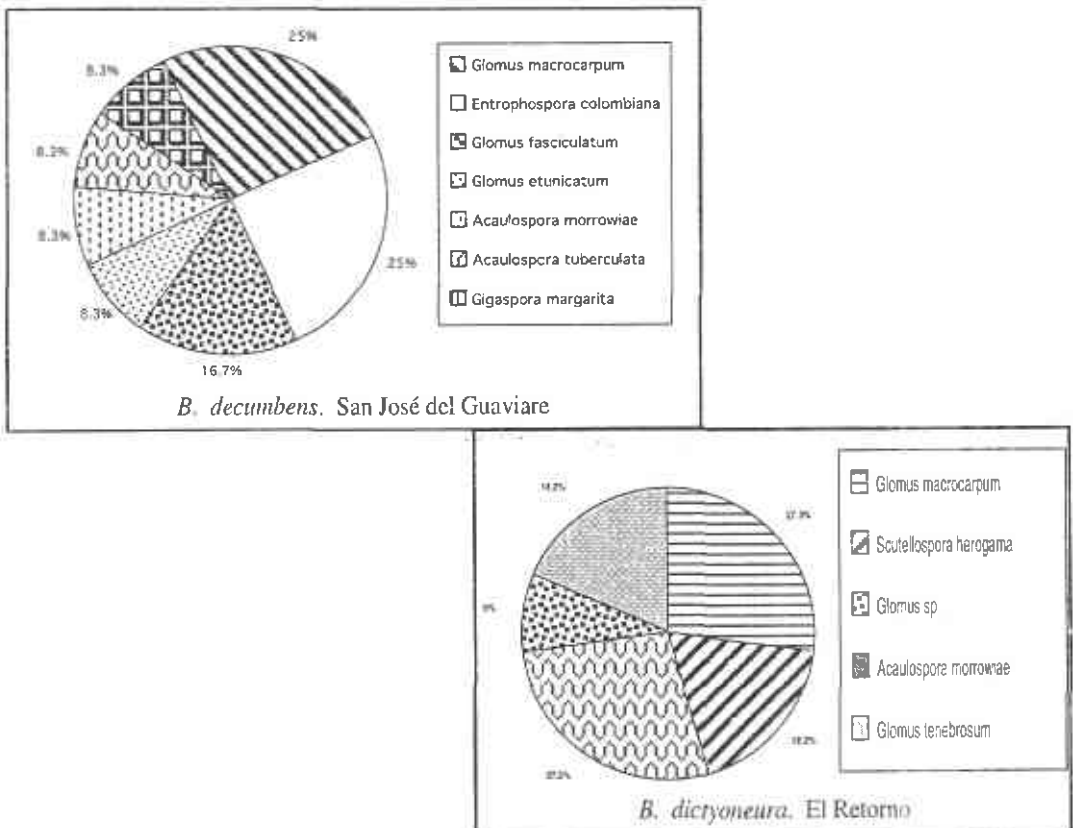
**Análisis de los H.M.A. del suelo natural:** Con el fin de aclarar el porque en las camas desinfectadas hubo presencia de esporas de hongos micorrízicos e infección de raíces, se decidió hacer un muestreo de suelo rizosférico en los lotes donde se recolectó el material vegetativo (estolones con raicillas) de *B. decumbens* en la C.D.R. en San José del Guaviare y de *B. dictyonura* en El Retorno y se determinó el número de esporas, porcentaje de infección de raíces así como la identificación de los H.M.A. Se concluyó que los estolones sembrados en las camas estaban colonizados por micorrizas nativas y que por esto probablemente mostraron una eficiencia similar al tratamiento con micorrizas nativas manipuladas e inoculadas.

Los resultados indican que, el suelo rizosférico asociado a *B. decumbens* y recolectado en la CDR contenía 8 esporas/g. suelo y una infección de 32.6% y en suelo rizosférico asociado a *B. dictyonura* de El Retorno, se observó 2 esporas/g. suelo y una infección de raíces de 39.3%.



**Glomus fasciculatum**

La distribución de H.M.A. presentes en suelo rizosférico en las dos localidades donde se recolectó el material vegetativo de las pasturas, para sembrar en el experimento en camas, se observa en la Figura 12.



H.M.A. identificados por la Microbióloga Angélica Conde Mesa.

Figura 12. Distribución de los H.M.A. nativos asociados a *B. decumbens* y *B. dictyoneura*

### 3.3 Evaluación y selección de las mejores especies de hongos micorrízicos nativos y/o introducidos a nivel de vivero en algunas especies frutales de la zona.

#### • Chontaduro

La evaluación del chontaduro, se realizó después de cinco meses en vivero, y se presentaron diferencias significativas por efecto de la interacción micorrízica por fertilización y los mayores valores de peso seco (22.8 g/planta) se obtuvieron con el tratamiento de micorriza introducida y fertilización completa, diferente a los tratamientos con micorriza nativa y el testigo con suelo natural. En el volumen de raíz la micorriza nativa con 103 cm<sup>3</sup>/planta, superó a los demás tratamientos y en el diámetro del tallo la micorriza introducida con 2.8 cm/planta, fue diferente con respecto a la micorriza nativa con fertilización completa y sin fertilización y al suelo natural.

El mayor número de esporas (7 esporas/g. suelo), se obtuvo con la micorriza introducida y la micorriza nativa (6 esporas/g. suelo) con la mitad de la fertilización e igual a la micorriza introducida sin fertilización. En el porcentaje de colonización de las raíces, no se presentaron diferencias.

Al analizar el contenido de nutrimentos en el tejido vegetal se encontraron diferencias significativas por efecto de las micorrizas en la absorción de N, K, Ca, Mn, Fe y B. Los mayores contenidos de N y K, se obtuvieron con la micorriza introducida (244 mg/planta y 263 mg/planta, respectivamente), sin diferencia con respecto a la nativa y diferente al suelo natural. En cuanto a la absorción de Ca, Mn, Fe y B, los mayores valores se encontraron con la micorriza introducida y diferente con respecto a la micorriza nativa y al suelo natural. (Figura 13).

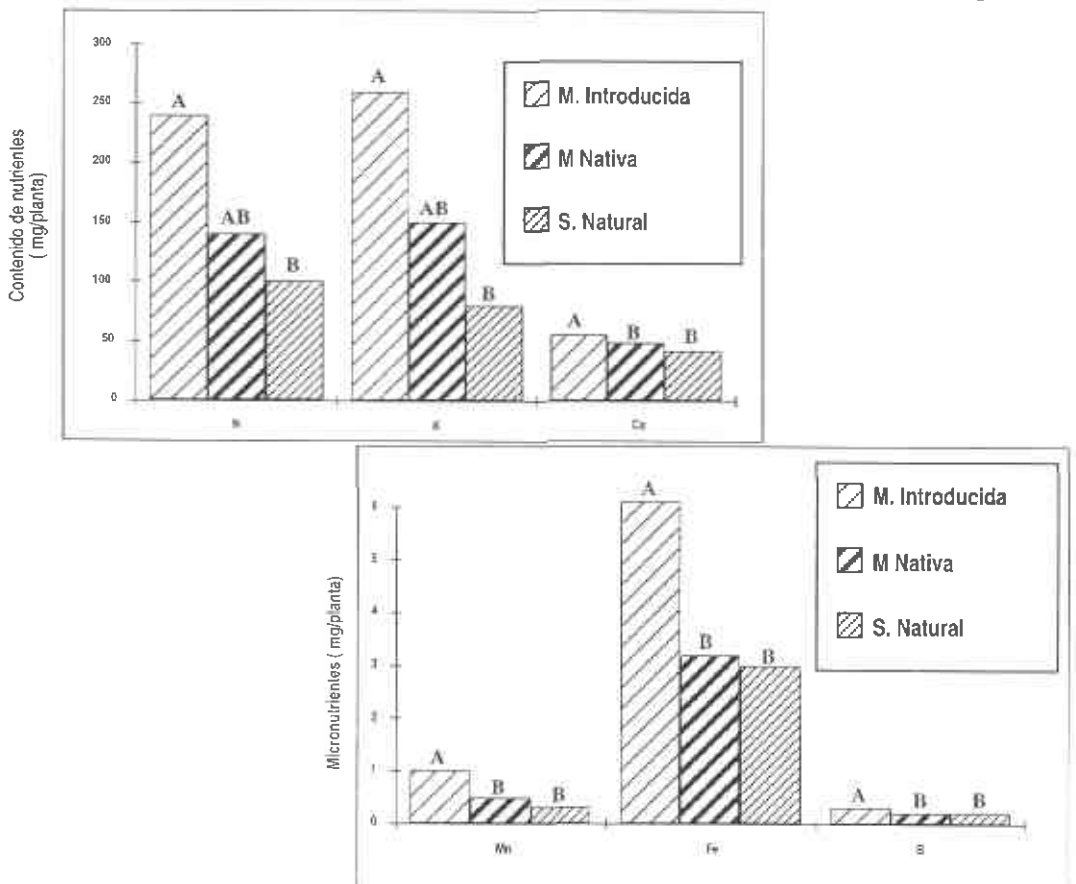


Figura 13. Efecto de las micorrizas en el contenido de nutrimentos en Chontaduro - Vivero. San José del Guaviare. 1998

El efecto de la fertilización en la absorción de nutrientes fue significativo, en los elementos K, B y Mn, y los mayores contenidos se obtuvieron con fertilización completa, sin diferencia con respecto a la mitad de la fertilización y diferente al testigo sin fertilizar. En el tratamiento con fertilización completa se presentó mayor absorción de Mn (1.2 mg/planta) con respecto a la mitad y sin fertilización. (Figura 14).

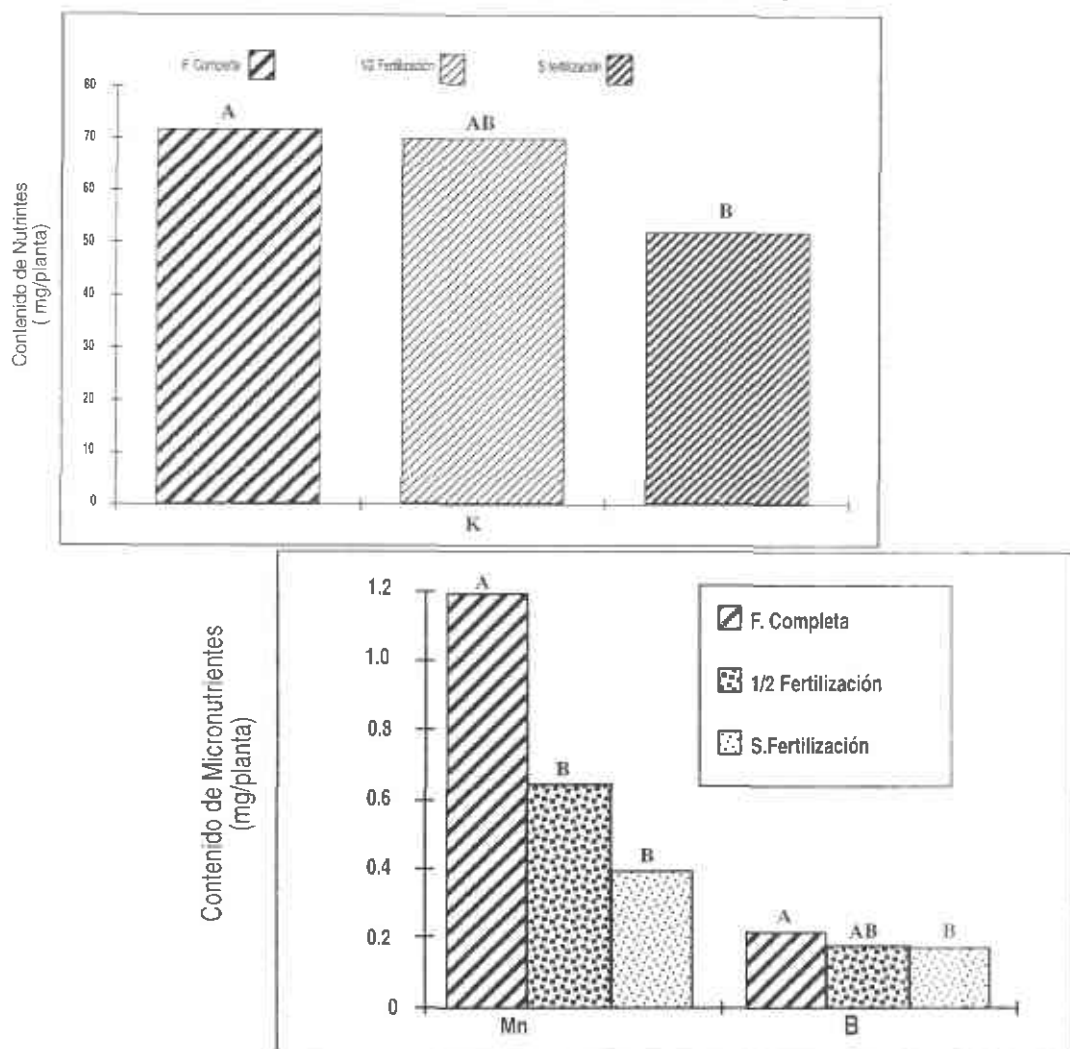


Figura 14. Efecto de la fertilización en el contenido de nutrientes en Chontaduro - Vivero

#### • Arazá

La evaluación del arazá, se realizó después de siete meses en vivero y los resultados indican que no hubo diferencias significativas por efecto de los tratamientos con micorrizas y fertilización en las variables altura de planta, volumen de raíz, área foliar y peso seco. El mayor número de esporas (6 esporas/g. suelo), se encontró con la micorriza introducida y fertilización completa y la mayor colonización de raíces se presentó con la micorriza nativa sin fertilización (21%) y diferente a los demás tratamientos.

Se presentó efecto significativo en la absorción de B y Mn, donde los tratamientos con micorriza introducida y nativa presentaron los mayores contenidos y diferentes con respecto al suelo natural. (Figura 15).

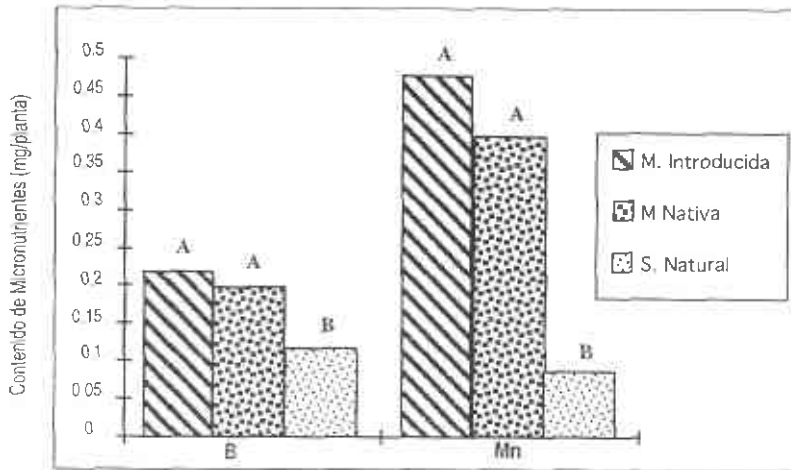


Figura 15. Efecto de las micorrizas en el contenido de nutrientes en Arazá - Vivero. San José del Guaviare, 1999.

Se presentaron diferencias significativas por efecto de la fertilización en el contenido de los nutrientes K, Mn y B, con los tratamientos de fertilización completa y la mitad de la fertilización con respecto al suelo sin fertilización. (Figura 16).

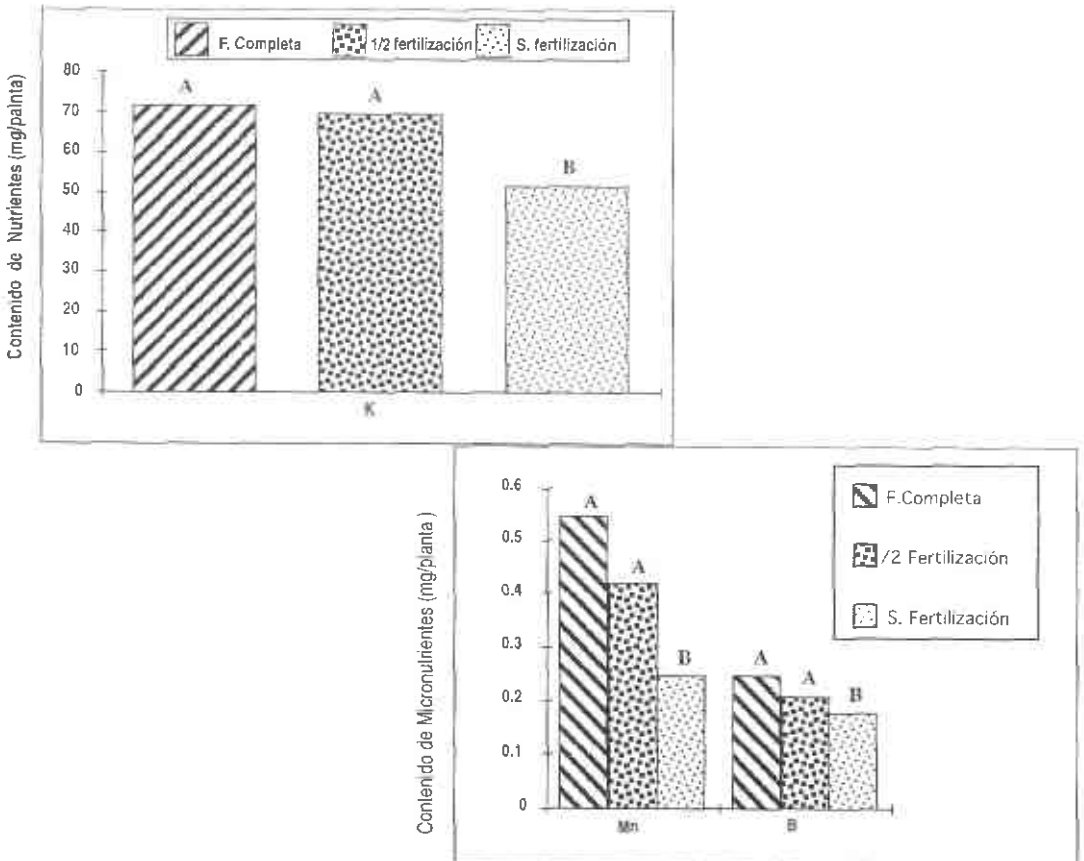


Figura 16. Efecto de la fertilización en el contenido de nutrientes en Arazá - Vivero

• Borojo

La evaluación se realizó después de ocho meses en vivero y no se presentaron diferencias significativas por efecto de los tratamientos con micorrizas y fertilización en las variables altura, número de hojas, área foliar, peso seco y diámetro del tallo por planta. En cuanto al volumen de raíz, el mayor valor se presentó al inocular con la micorriza introducida sin fertilización (6.3 cm<sup>3</sup>), sin diferencia con respecto a la micorriza nativa sin fertilización y con fertilización completa.

Los tratamientos que presentaron el mayor número de esporas (12-11 esporas/g. suelo), fueron micorriza introducida con la mitad de la fertilización y micorriza nativa con fertilización completa.

La mayor colonización de raíces se presentó con la micorriza nativa (36.7%) e introducida sin fertilización (32%).

Al analizar el tejido vegetal de borojó se presentaron diferencias significativas en el contenido de N, K, Zn y Mn. y los mayores contenidos se obtuvieron con la micorriza nativa y diferente al suelo natural. (Figura 17).

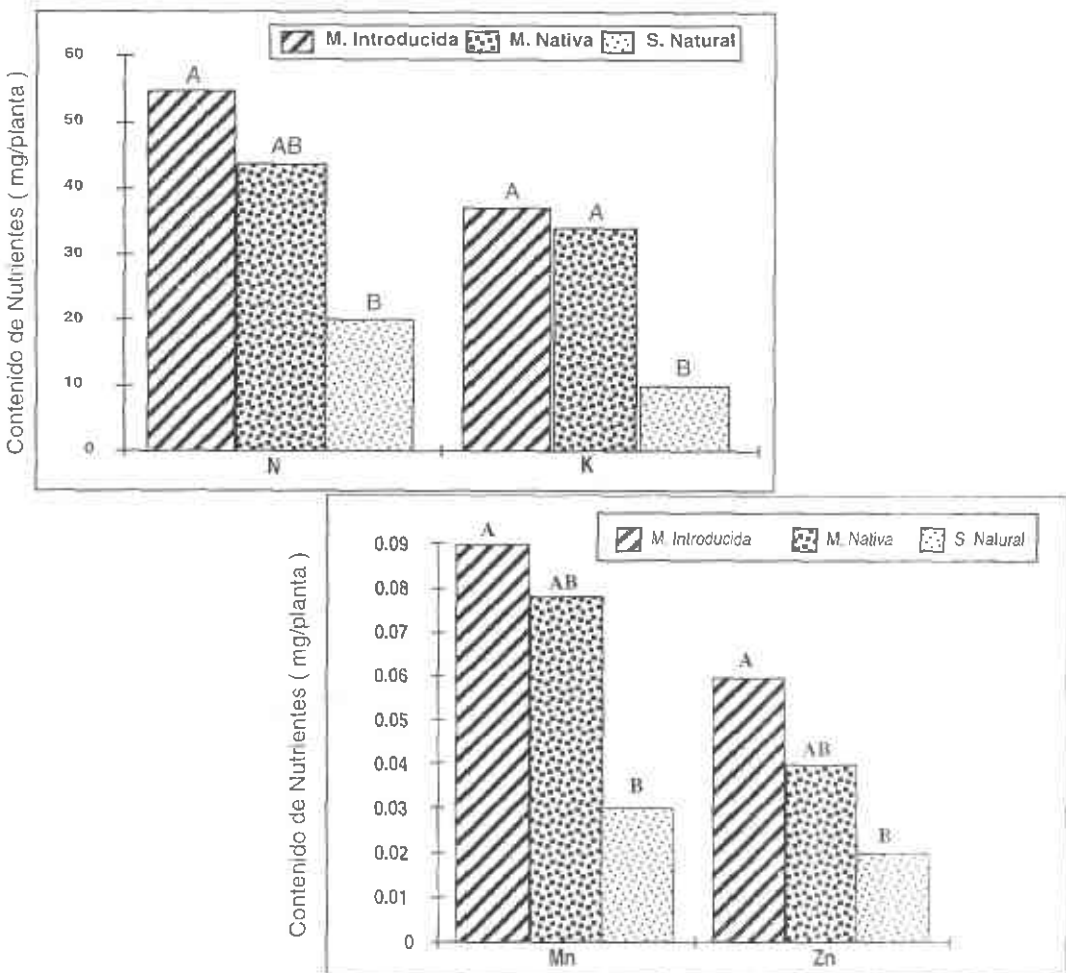


Figura 17. Efecto de las micorrizas en el contenido de nutrientes en Borojó - Vivero

En cuanto a la fertilización se presentó efecto por la aplicación de Zn y el mayor valor se obtuvo con la micorriza introducida sin fertilización y diferente con respecto a la micorriza nativa sin fertilización y al suelo natural.

#### 4. CONCLUSIONES

- El alto porcentaje de colonización de las raíces (54% - 75%) y el bajo número de esporas (6.0 - 8.0) de H.M.A. por gramo de suelo rizosférico de las especies frutales y *B. decumbens* indican una efectiva actividad simbiótica propia de la vegetación nativa.
- En la región amazónica del Guaviare, a pesar de la intervención antrópica al ecosistema, se encontraron cuatro géneros y once especies: H.M.A. *Glomus* (seis especies), *Acaulospora* (tres especies), *Entrophospora* y *Scutellospora* (una especie) asociadas a las especies vegetales *B. decumbens*, arazá, borojó y chontaduro, donde predominó el género *Glomus* con 55%, *Acaulospora* (27%), *Entrophospora* (9%) y *Scutellospora* (9%).
- En *B. decumbens* se encontró la mayor diversidad de H.M.A. (81.8%); y mayor afinidad con el género *Glomus* (55%).
- Al evaluar el efecto de la inoculación de las pasturas sobre el desarrollo, calidad nutricional y contenido de nutrientes en el tejido de las pasturas, número de esporas y porcentaje de colonización, se encontró una mayor eficiencia con las micorrizas nativas tanto naturales como inoculadas con respecto a la micorriza introducida.
- En chontaduro el desarrollo de plantas en vivero y el contenido de nutrientes fue mayor en el tejido vegetal cuando se inoculó con la micorriza introducida, y presentó diferencias en cuanto al contenido de K y B.
- Las especies arazá y borojó no presentaron diferencias en el desarrollo de las plantas por efecto de la inoculación con micorrizas nativas e introducidas, ni con respecto al suelo natural. En arazá la respuesta a la fertilización fue positiva con la aplicación de K y B en Borojó al N, P y Zn.
- La mayor colonización de raíces de los H.M.A. en Arazá y Borojó se logró con la inoculación de las cepas nativas sin fertilización y el mayor número de esporas se obtuvo con la micorriza introducida y fertilización completa.

#### 5. RECOMENDACIONES

- Con el fin de garantizar un desarrollo sostenible de los ecosistemas naturales e intervenidos y conservar los recursos naturales y la diversidad biológica, se requiere continuar los estudios sobre el potencial de componente biológico del suelo y su impacto en la productividad agropecuaria.
- Para lograr restaurar los ecosistemas degradados es necesario introducir alternativas sostenibles como la agricultura biológica y orgánica que permitan estimular la actividad de los microorganismos benéficos del suelo y especialmente las micorrizas, los cuales desempeñan un papel fundamental al incrementar la disponibilidad de los nutrientes en suelos pobres y degradados.
- Al terminar el presente estudio se logró conocer la eficiencia potencial de las micorrizas nativas de la Amazonia intervenida del Guaviare, su diversidad y distribución y aporte al mejoramiento de la producción de forraje y calidad nutricional de pasturas y especies frutales promisorias, por lo cual se comprueba que esta zona es una fuente valiosa de micorrizas que se debe conservar y que puede ser susceptible de ser manipulado e introducido en otras regiones donde se haya reducido su presencia por el manejo inadecuado, para obtener beneficios económicos y ecológicos en los diferentes sistemas de producción del Trópico Húmedo.

## BIBLIOGRAFIA

- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT. 1995. Especies forrajeras tropicales de interés para pasturas en suelos ácidos de Colombia. Cali. pp. 11-27
- CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA, CORPOICA. 1996. Fondo amazónico. El cultivo del Arazá (*Eugenia stipitata*). CORPOICA, Florencia, Caquetá. 6 p.
- CORPOICA-PRONATTA. 1998. El cultivo de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) para fruto y palmito. CORPOICA. Florencia, Caquetá. 19 p.
- HOLDRIDGE, L.R. 1968 Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura IICA. San José Costa Rica
- INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS, SINCHI. 1998. Consolidado de registros de precipitación, evaporación, humedad relativa, temperatura y brillo solar (12 años), 1987-1998. Estación Experimental El Trueno.
- INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS, SINCHI. 1998. Importancia de los sistemas agroforestales en el departamento del Guaviare. Cartilla técnica. SINCHI - Fondo Amazónico. Regional Norte - Guaviare. 23 p.
- MARTINEZ, L.J. 1993. La investigación en suelos del Guaviare: Un criterio para definir líneas de acción en suelos de la Amazonia. Colombia Amazónica. 6(2): 9-46.
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. 1997. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. Agric. Sci. Camb. 88:645-650.
- PARDO, B.O. 1999. Gramíneas y leguminosas adaptadas a las condiciones de los Llanos Orientales (en edición)
- OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS (AOAC). 1995. ASSOCIATION OF OFFICIAL Agricultural Chemists, Washington. D.C.
- SALAMANCA, S.C.R. y SILVA, H. M. del R. 1998. Las micorrizas como alternativa para el manejo sostenible de los agroecosistemas tropicales. Boletín técnico No.12. CORPOICA-PRONATTA. Villavicencio. 26 p.
- SALAMANCA, S.C.R.; TRUFEM F.B.S.; ROZO, L.; JIMENEZ, A.M.; SILVA, M. del R. 1998. Hongos Micorrízicos Arbusculares (H.M.A.) asociados a tres especies frutales y una pastura en tres municipios del Guaviare, Colombia. CORPOICA-PRONATTA. Villavicencio. ACHAGUA. 5:7; 20-27.
- SCHENCK, N.C. y PEREZ, B.R. 1990. Manual for the identification of V.A. mycorrhizal fungi. 3<sup>a</sup> ed. University of Florida. 241 p.
- SIEVERDING, E. 1983. Manual de métodos para la investigación de la micorriza Vesículo - Arbuscular en el laboratorio CIAT, Cali.
- SIEVERDING, E.; SANCHEZ de P.M.; BRAVO, N. 1989. Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. Palmira. pp. 1-24
- SIEVERDING, E. 1991. Vesicular - Arbuscular mycorrhiza management intropical agrosystems. Germany. 367 p.
- SIQUEIRA, J.O. 1996. Micorrizas arbusculares em cafeiro. En: Avancos em fundamentos e aplicacao de micorrizas. EFLA, Lavras (M.G.), Brazil. pp. 203-253.
- TOLEDO, J.M.; SCHULTZE-KRAFT, R. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. En: Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de pastos tropicales. CIAT. Cali. pp. 91-116.