

UNIVERSIDAD DE SUCRE  
FACULTAD DE EDUCACIÓN Y CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
SINCELEJO – SUCRE  
2003

Identificación de Géneros de Hongos Formadores de Micorrizas  
Arbusculares (H.M.A) en las Especies de Pasto Colosuana (*Bothrichloa*  
*pertusa* (L) A. Camus) y Ángleton (*Dichanthium aristatum*, Benth) en los  
Municipios de Corozal y Tolú, Departamento de Sucre

FREDIS GABRIEL ESPITIA DORIA  
EDWIN ENRIQUE MARTÍNEZ MENDOZA

SINCELEJO, NOVIEMBRE DE 2003

UNIVERSIDAD DE SUCRE  
FACULTAD DE EDUCACIÓN Y CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
SINCELEJO – SUCRE  
2003

Identificación de Géneros de Hongos Formadores de Micorrizas  
Arbusculares (H.M.A) en las Especies de Pasto Colosuana (*Bothrichloa*  
*pertusa* (L) A. Camus) y Ángleton (*Dichanthium aristatum*, Benth) en los  
Municipios de Corozal y Tolú, Departamento de Sucre.

Proyecto presentado como requisito para optar al título de Biólogo con  
Énfasis en Biotecnología

FREDIS GABRIEL ESPITIA DORIA  
EDWIN ENRIQUE MARTÍNEZ MENDOZA

Director  
Alexander Francisco Pérez Cordero  
I. A, M.Sc Microbiología Docente Universidad de Sucre

Codirector  
Víctor José Peroza Coronado  
I. A, M.Sc Ciencias Agrarias Docente Universidad de Sucre

SINCELEJO, NOVIEMBRE DE 2003

*“Únicamente el autor es responsable de las ideas expuestas en el presente trabajo” Artículo 12 Resolución 02 de 2003*

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Sincelejo, Noviembre 21 de 2003.



## DEDICATORIA

*Al Rabí, quien estuvo conmigo siempre, precisamente cuando todos me dejaron solo....*

*A mis viejitos Ana Josefa por sonreír hasta el final y Gabriel por seguir haciéndolo. Los amaré eternamente.*

*A mi padre Freddy Alberto, porque he realizado su sueño.*

*A mi hija Gabriella, por haber nacido y materializado mi amor.*

*A Leonila, vida mía, por su amor y comprensión*

*A mis hermanos Bernardo y José.*

*A mi familia.*

*Nadie ha caminado en la vida sin haber pisado en falso  
muchas veces...*

*Señor, aunque estoy lejos, aun puedo ver tu luz en mi corazón*

***Fredis Gabriel***

*Al Rabí, por haberme estado escuchando y ayudando en silencio sin protestar*

*A mis padres Léster y Julio que les debo toda mi vida y que espero me alcance para recompensarlos*

*A mi novia Vera Lucía por su amor y ternura que no fallan a la hora de hacerme sentir bien*

*A mis hermanos Marlon, Julio, Amanda y Daissy por su apoyo incondicional y por estar conmigo*

*A mis familiares*

*Yo tenía un gran sueño y lo cumplí cuando me acosté a dormir, lo soñé y llegó la hora de hacerlo realidad...*

*Edwin*

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

**La Universidad de Sucre**, por el apoyo y la enseñanza que nos brindó.

**Alexander Pérez Cordero**, Docente de la Universidad de Sucre, por su apoyo, asesoría y amistad.

**Víctor Peroza Coronado**, docente del área de pastos y forrajes de la Universidad de Sucre, por asesoría, apoyo y amistad.

Doctor, **Javier Beltrán**, Director del Laboratorio de Biotecnología de la Universidad de Sucre, por su colaboración.

**Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Sucre**, por su apoyo y colaboración.

**Arturo Doncel Mestra**, Coordinador del Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Sucre, por su apoyo, ayuda y **amistad incondicional**.

**Oscar Vergara**, por su asesoría y ayuda ilimitada.

Nuestros amigos **Tony, Ember, Beatriz, Róbinson, Giovanny, Eden, Halaixtt, Luis Emerson** y compañeros de la Universidad de Sucre.

A todas las personas que de una y otra manera hicieron posible el desarrollo de esta investigación.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>1. ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>19</b>
1.1 PASTO COLOSUANA .....	19
1.1.1 Clasificación taxonómica.....	19
1.1.2 Sinónimos.....	19
1.1.3 Nombres comunes. ....	20
1.1.4 Origen.....	20
1.1.5 Adaptación y Clima.....	20
1.1.6 Propagación, Siembra y Producción .....	21
1.2 PASTO ANGLETON.....	21
1.2.1 Clasificación Taxonómica.....	21
1.2.2 Nombres Comunes.....	22
1.2.3 PRINCIPALES ESPECIES .....	22
1.2.4 Origen.....	22
1.2.5 Adaptación y Clima.....	23
1.2.6 Propagación, Siembra y Producción .....	23
1.3 MICORRIZAS ARBUSCULARES .....	24
1.4 FUNCIÓN DE LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES.....	29
1.5 MORFOLOGÍA DE LAS MICORRRIZAS ARBUSCULARES.....	32
1.6 FACTORES QUE AFECTAN LA FORMACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES:.....	34
1.7 TAXONOMÍA DE LAS MICORRIZAS V.A.....	41
1.8 ETAPAS EN EL ESTABLECIMIENTO DE LAS MICORRIZAS V.A.....	44

1.9 LAS MICORRIZAS Y ESPECIES DE PASTOS TROPICALES.....	45
<b>2. METODOLOGIA .....</b>	<b>49</b>
2.1 SITIO DE ESTUDIO.....	49
2.2 ÁREA DE MUESTREO .....	50
2.3 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE FINCAS GANADERAS ESTABLECIDAS CON PASTO COLOSUANA Y ANGLETON EN LOS MUNICIPIOS DE COROZAL Y TOLU.....	51
2.4 TAMAÑO DE LA MUESTRA .....	51
2.4.1 TAMAÑO DE LA MUESTRA EN EL MUNICIPIO DE COROZAL.....	51
2.4.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA EN EL MUNICIPIO DE TOLU .....	52
2.5 Métodos de Muestreo.....	52
2.6 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
2.6.1 ETAPA DE LABORATORIO .....	53
2.7 ANALISIS ESTADÍSTICO .....	56
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>58</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	58
3.2 DENSIDAD DE ESPORAS .....	58
3.3 PORCENTAJE DE INFECCIÓN .....	59
3.4 MORFOTIPOS ENCONTRADOS.....	65
3.4.1 MORFOTIPOS HALLADOS EN EL MUNICIPIO DE TOLU EN LAS ESPECIES DE PASTO COLOSUANA Y ANGLETON .....	66
3.4.2 Morfotipos Hallados en el municipio de Corozal en las especies de pasto Colosuana y Angleton.. .....	74
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>85</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>87</b>

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Planta huésped, hongo y características de los principales tipos de micorrizas. ....	28
Cuadro 2. Zonas y Fincas Ganaderas de los municipios de Tolú y Corozal establecidas con pasto Angleton y Colosuana. ....	50
Cuadro 3. Densidades de esporas de H.M.A por 100gr de suelo. ....	58
Cuadro 4. Porcentaje de Infección de H.M.A en raíces. ....	60
Cuadro 5. Distribución de morfotipos por especie de pasto en el municipio de Tolú. ....	84
Cuadro 6. Distribución de morfotipos por especie de pasto en el municipio de Corozal. ....	84

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Clasificación taxonómica propuesta por Morton y Redecker.....	43
Figura 2. Estructura taxonómica propuesta para H.M.A. basada en la secuencia de los genes de la SSU y rRNA por Schüber .....	44
Figura 3. Densidad de esporas y Porcentaje de Infección en el municipio de Corozal .....	62
Figura 4. Densidad de esporas y porcentaje de Infección en el municipio de Tolú.. .....	63
Figura 5. Espora e hifa formadas de H.M.A .....	64
Figura 6. Vesícula de H.M.A.....	64
Figura 7. Porcentajes de Generos de H.M.A en los Muncipios de Tolú y Corozal.. .....	83

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Mapa del departamento de Sucre, municipios de Corozal y Tolu .....	95
Anexo B. Formulario Encuesta para aplicar a fincas ganaderas de los municipios de Corozal y Tolú, Departamento de Sucre .....	96
Anexo C. Método cuantitativo para el recuento de esporas de Micorrizas arbusculares en el suelo.....	97
Anexo D. Procedimiento de coloración de raíces para detección de micorrizas arbusculares.....	98
Anexo E. Técnica para la determinación del porcentaje de infección de micorrizas arbusculares .....	99
Anexo F. Analisis de Varianza para Densidad de Esporas .....	100
Anexo G. Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para Porcentaje de Infección .....	102
Anexo H. Análisis Físico-Químico de suelos por Zonas del Municipio de Corozal .....	105
Anexo I. Análisis Físico-Químico de suelos por Zonas del Municipio de Tolu.....	105



Anexo J. Densidad de Esporas y Porcentaje de Infección para Ángleton Corozal .....	107
Anexo K. Densidad de Esporas y Porcentaje de Infección para Ángleton Tolu .....	108
Anexo L. Densidad de esporas y Porcentaje de Infección para Colosuana Tolu	109
Anexo M. Densidad de esporas y Porcentaje de Infección para Colosuana Corozal .....	111

## RESUMEN

El presente estudio se realizó durante el segundo semestre de 2002 y el año 2003 en fincas ganaderas de los municipios de Corozal y Tolú, Departamento de Sucre, Colombia, establecidas con pastos Colosuana (*Bothrichloa pertusa (L) A. Camus*) y Ángleton (*Dichanthium aristatum, Benth*), con el objetivo de identificar los géneros de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (H.M.A.) nativos asociados a estas especies.

Fueron evaluadas la densidad de esporas/100gr suelo y el porcentaje de infección en raíces en ambas especies de pasto. Los resultados de análisis de varianza a densidades de espora/100 gr. de suelo y porcentaje de infección en raíces de pastos Ángleton y Colosuana para los municipios de Corozal y Tolú demuestran diferencia altamente significativa entre los municipios ( $P= 0,009$  y  $0,0002$ , respectivamente), presentándose las mayores densidades de esporas (1160 – 6233 esporas/100 gr. de suelo en Colosuana y 444 – 2643 esporas/100 gr. de suelo en Ángleton) en el municipio de Corozal. Con relación a la interacción en el porcentaje de infección se encontró diferencia altamente significativa entre ambas especies de pastos y municipios ( $P=0,00012$ ). La prueba de Tukey para esta interacción demostró diferencia altamente significativa entre el porcentaje de infección de la especie Ángleton para Corozal (68 – 82 %) con respecto al porcentaje de infección para la misma especie en Tolú (35 – 50 %); también entre la especie Colosuana (54 – 75 %) y la especie Ángleton en Tolú; y diferencia altamente significativa entre la especie Colosuana en Corozal (45 – 76 %) y Ángleton en Tolú.

Se aislaron 32 morfotipos nativos de hongos formadores de micorrizas arbusculares, 15 en Corozal y 17 en Tolú, distribuidos en dos géneros (*Glomus* y *Gigaspora*), predominando en su mayoría el género *Glomus*.

## ABSTRACT

The present study was carried out during the second semester of 2002 and the year 2003 in cattle farms of the municipalities of Corozal and Tolú, Department of Sucre, Colombia, established with grasses Colosuana (*Bothrichloa pertusa* (L) A. Camus) and Angleton (*Dichanthium aristatum*, Benth), with the objective of identifying the genera of Arbuscular Mycorrhizal Fungi native associated to these species.

The density of spores /100 soil g and the infection percentage were evaluated in roots in both grass species. The results of variance analysis to densities of spores /100 soil g and infection percentage in roots of grasses Angleton and Colosuana for the municipalities of Corozal and Tolu demonstrate highly significant difference among the municipalities ( $P=0,009$  and  $0,0002$  respectively), being presented the biggest densities of spores (1160 - 6233 spores /100 soil g in Colosuana and 444 - 2643 spores /100 soil g in Angleton) in the municipality of Corozal. With relationship to the interaction in the infection percentage was highly significant difference between both species of grasses and municipalities ( $P=0,00012$ ). The test of Tukey to this interaction demonstrated highly significant difference between the percentage of infection of the species Angleton for the municipality of Corozal (68-82%) with regard to the infection percentage for the same species in the municipality of Tolu (35-50%); also between the species Colosuana (54-75%) and the species Angleton in Tolu; and highly significant difference between the species Colosuana in Corozal (45-76%) and Angleton in Tolu.

32 native types morphological of Arbuscular Mycorrhizal Fungi was isolated, 15 in Corozal and 17 in Tolu, distributed in two genera (*Glomus* and *Gigaspora*), prevailing the genus *Glomus*.

## INTRODUCCIÓN

La principal actividad económica del departamento de Sucre es la ganadería doble propósito, en el cual el 84,9 % de su territorio está dedicado exclusivamente al pastoreo de ganado donde la fuente exclusiva de alimento animal la constituye las leguminosas nativas y las gramíneas. Dentro de estas últimas, los pastos Colosuana (*Bothrichloa pertusa (L) A. Camus*) y Ángleton (*Dichanthium aristatum, Benth*) son las especies predominantes en el departamento, principalmente en los municipios de Corozal y Tolú, donde ambas especies reportan un área extensa sembrada (aproximadamente 40.000 has); convirtiéndose en las gramíneas de mayor importancia económica establecidas en estos suelos como alternativa de alimentación.<sup>1</sup>

Los suelos de Corozal presentan problemas erosivos, distintos grados de compactación, niveles de fertilidad bajos, pastoreo extensivo y la falta de abonamiento, además de sufrir la estacionalidad de las lluvias lo que trae como consecuencia la escasez o falta total de forraje durante el periodo seco; mientras que los suelos de Tolú tienen topografía plana, sujetos a inundaciones, niveles de fertilidad y saturación de bases de mediana a alta, y cantidades variables de sodio. Sin embargo, en estos suelos, existen ciertos microorganismos que pueden en determinado tiempo y condición, ayudar a la absorción de nutrientes y favorecer a las plantas en situaciones adversas, como es el caso de los Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (H.M.A.), quienes viviendo en forma simbiótica mutualista con las plantas cultivadas, hacen disponibles elementos fijados en el suelo.

---

<sup>1</sup> DANE. Encuesta Nacional Agropecuaria, resultados 1995, Costa Atlántica, 1996, p. 16.

Se ha demostrado que la asociación de estos hongos a distintas especies de gramíneas favorece la absorción, translocación y transferencia de los nutrientes y agua por la planta y que el principal nutriente implicado es el fósforo. Dichos hongos estimulan el crecimiento, desarrollo y nutrición de las plantas, especialmente en suelos de baja y moderada fertilidad. También se ha demostrado que estos Hongos Micorrizicos Arbusculares mejoran la producción, la calidad nutricional e incrementan la tolerancia de las especies de pastos al pisoteo, debido al suministro de nutrientes hacia la planta, los cuales estimulan al rebrote continuo y a la recuperación rápida después de la desfoliación hecha por los animales herbívoros.<sup>2</sup>

Actualmente la tendencia de investigación en microbiología del suelo es el estudio de los microorganismos desde el punto de vista ecológico, genético, bioquímico y fisiológico en relación con la nutrición y protección de las plantas<sup>3</sup>. De hecho, la sostenibilidad de los agroecosistemas depende del equilibrio entre los distintos componentes biológicos del suelo. Estudios que se han realizado con estos H.M.A. han mostrado resultados positivos en cultivos tradicionales como yuca, maíz, arroz, frutales, hortalizas y pastizales en suelos con condiciones desfavorables.

Sin embargo, hasta la fecha no se ha realizado un estudio significativo para determinar qué tipos de géneros de H.M.A se encuentran asociados a las especies de pasto Colosuana (*B. pertusa*) y Ángleton (*D. aristatum*) bajo las condiciones edafoclimáticas a nivel de la Costa Norte Colombiana. Por tal razón esta investigación contribuirá a la identificación de los distintos géneros de H.M.A. implicados en estas asociaciones, para crear un punto de partida de futuras

---

<sup>2</sup> AHN-HEUM Eon; GAIL, Wilson and HARTNETT, David. 2001. Effect of ungulate grazer on arbuscular mycorrhizal symbioses and fungal community structure in tall grass prairie. En: Mycología 93 (2),.p. 233 – 242.

<sup>3</sup> BAREA, S; AZCON de AGUILAR, C Y ROLDAN FAJARDO, B. 1984. Formación y funcionamiento de las (M.V.A.) y su efecto en al nutrición de las plantas

investigaciones a nivel de biodiversidad sobre estos microorganismos y su potencial uso como biofertilizantes en cultivos de importancia económica para la ganadería, planteando y desarrollando estrategias de uso y gestión racional de recursos disponibles del suelo, optimizando la productividad del sistema suelo – planta – animal.

Teniendo en cuenta la importancia de esta simbiosis natural y el valor de este proceso para los cultivos de pastos en la región, se plantea identificar Géneros de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (H.M.A), asociados a las especies de Pasto Colosuana (*Bothrichloa pertusa (L) A. Camus*) y Ángleton (*Dichanthium aristatum, Benth*) en los municipios de Corozal y Tolú, en el departamento de Sucre, Colombia.

## 1. ESTADO DEL ARTE

### 1.1 PASTO COLOSUANA

#### 1.1.1 Clasificación Taxonómica

De acuerdo a Vallejo y Zapata<sup>4</sup>, el pasto Colosuana presenta la siguiente clasificación taxonómica:

**Reino:** Vegetal  
**División:** Embryophyta  
**Clase:** Angiospermae  
**Subclase:** Monocotiledoneae  
**Orden:** Glumiflorales  
**Familia:** Poaceae  
**Género:** *Bothriochloa*  
**Especie:** *pertusa* (L) A. Camus

#### 1.1.2 Sinónimos

*Holcus pertusa* L., *Dichamtium pertusum* (L) Clayton, *Andropogon panormitanus* Parl., *Andropogon pertusus* var. *Panormitanus* Hack., *Andropogon pertusus* (L) Willd., *Amplhilophis pertusa* (L) Stapf.

---

<sup>4</sup> VALLEJO, Álvaro & ZAPATA, Fredy. 1998 – 2000. Especies forrajeras Agosoft Ltda., Medellín Colombia, p 1-8

### 1.1.3 Nombres comunes

Colosuana, Kikuyo, Kikuyina (Costa Norte Colombiana), Camgüeyana, coneja, pasto colosuana (España), Barbados sourgrass, pitted bluestem, pitted blue-stem, sourgrass, sweet pitted grass (Inglaterra); hurricanes grass, Seymour grass (África), indian blue grass (Australia).<sup>5</sup>

### 1.1.4 Origen

Originaria de los trópicos del viejo mundo desde el sur y nordeste de África tropical y Arabia, hasta el sudeste de Asia, India, Sri Lanka, e Indonesia. Introducida en los Estados Unidos, México y las Indias occidentales, donde ha sido naturalizada<sup>6</sup>. El mismo autor sostiene que en el valle del Alto Magdalena y en la Costa Atlántica esta especie de pasto se ha generado espontáneamente y colonizado, desplazando especies nativas e introducidas en esta región.

### 1.1.5 Adaptación y Clima

Esta gramínea se adapta a un amplio rango de condiciones climáticas, desde las regiones templadas cálidas húmedas hasta las regiones tropicales húmedas o muy secas, una altitud de 0 hasta 2100 msnm, una precipitación de 500 hasta 4000 mm/año, temperaturas de 17 a 30 ° C, periodo seco de 2 a 5 meses/año. La especie se reporta moderadamente resistente a las sequías; tolera temporadas secas cortas, algunos autores la reportan como una especie que evade las zonas con una temporada seca marcada.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> VALLEJO & ZAPATA. Op. cit. p 1-8

<sup>6</sup> CHAMORRO, David. 1994. Informe final de investigaciones en forrajes tropicales. CORPOICA. Grupo Regional Pecuário. p. 131

<sup>7</sup> VALLEJO & ZAPATA. Ibid. p 1-8



Se adapta a suelos de textura muy liviana hasta muy pesada, pH de ligeramente alcalino a ligeramente ácido, drenaje de bueno a imperfecto. En lo climas tropicales prospera en una amplia variedad de suelos, siempre que presenten buenas condiciones de drenajes. Se adapta adecuadamente en suelos pobres<sup>8</sup>.

### 1.1.6 Propagación, Siembra y Producción

Se propaga fundamentalmente por semillas pero varios autores indican que es posible propagarlas por métodos vegetativos a partir de estolones. Para un rápido y adecuado establecimiento en praderas es preferible una buena preparación del terreno, pero también se establece en terrenos incultos aunque lentamente<sup>9</sup>. De acuerdo con Sierra<sup>10</sup> se reporta que el máximo rendimiento en la región Caribe Colombiana es de 3.38 Ton por hectárea de materia seca a los 42 días. En otros estudios realizados por Chamorro<sup>11</sup> en la Costa Atlántica de Colombia encontró que esta gramínea presenta un desarrollo inicial lento, que se acelera después de los 28 días, para alcanzar su máxima producción a los 42 días (3.4 Ton por hectárea), época que coincide con la producción de semilla.

## 1.2 PASTO ANGLETON

### 1.2.1 Clasificación taxonómica<sup>12</sup>

**Reino:** Vegetal  
**Clase:** angiospermae

---

<sup>8</sup> VALLEJO & ZAPATA. Op. cit. p 1-8

<sup>9</sup> VALLEJO & ZAPATA. Ibíd. p 1-8

<sup>10</sup> SIERRA, O., *et al.* 1986. Observaciones sobre colosuana (*Botriochloa pertusa* (L) Camus) en la Costa Atlántica de Colombia En: Pasturas Tropicales, CIAT 8 (1), P. 6-9.

<sup>11</sup> CHAMORRO, Op cit p. 131

<sup>12</sup> VALLEJO & ZAPATA. Ibíd. p 1-8

**Subclase:** Monocotyledoneae

**Orden:** Glumiflorales

**Familia:** Gramineae

**Género:** *Dichantium*

**Especie:** *aristatum* (Benth)

### 1.2.2 Nombres comunes

“Angleton grass” (Australia, Cuba), “Alabang X” (Filipinas), “Angleton blue – stem”, (Estados Unidos), “Wildergrass” (Hawaii)<sup>13</sup>

### 1.2.3 Principales especies.

En Colombia se cultivan dos especies conocidas como Ángleton “Mono” o común (*Dichantium aristatum*), que se caracteriza por alta producción de semillas durante todo el año, adaptación a zonas secas y crecimiento erecto. Existen otra especie extendida a muchas zonas ganaderas en los últimos años llamada Ángleton climacuna (*Dichantium annulatum*), que produce excelente follaje, caracterizado por producir semilla una vez al año; el hábito de crecimiento es rastrero y cubre mejor el suelo, compitiendo bien con malezas (plantas indeseables); es exigente en humedad y fertilidad.<sup>14</sup>

### 1.2.4 Origen

Procedente de los Estados Unidos, el pasto Ángleton lo introdujo el Servicio técnico Agrícola Colombo americano – STACA- en 1956, las primeras siembras se

---

<sup>13</sup> ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA. Producción agrícola 2. Colombia: Editores Terranova, 1995. p. 359.

<sup>14</sup> GALLO, Jorge; CHAMORRO, Diego y VANEGAS, Miguel. 1998. Principales gramíneas en la zona del valle cálido del Alto Magdalena. En: Boletín de Investigaciones CORPOICA. Tolima, Regional 6. p. 116.

realizaron en el Espinal (Tolima). Este pasto es originario de los trópicos del viejo continente, África oriental y la India.<sup>15</sup>

### **1.2.5 Adaptación y Clima**

El Ángleton se produce bien desde el nivel del mar hasta 2.220 m de altura, su mayor adaptación está entre los 600 y 800 msnm. La temperatura puede variar entre los 23°C y 30°C con lluvias entre los 600 y 1000 mm de precipitación. Los lugares con días claros, despejados, de bastante luz y condiciones bajas de humedad, son muy buenos para el desarrollo del Ángleton.<sup>16</sup>

### **1.2.6 Propagación, Siembra y Producción**

Crece bien en suelos francos y fértiles, en suelos franco – arcillosos con buenos desagües. Tolerancia los suelos arenosos no muy pobres. Prefiere suelos que tengan una acidez cerca de la neutralidad. No lo perjudican los suelos salinos. Parece que la acidez, la baja fertilidad de los suelos de los Llanos Orientales, unida a la alta precipitación en las estribaciones de la Cordillera Oriental, le impiden su desarrollo. Permanece relativamente verde en suelos con buena retención de humedad y aguanta la sequía de 3 a 4 meses. Cuando la sequía es muy larga, 5 a 7 meses como en muchos lugares de la Costa Atlántica, el pasto Ángleton se seca y se vuelve leñoso, pero vuelve a brotar muy bien cuando llegan las lluvias. Responde muy bien al riego y es tolerante a las inundaciones, siempre que sean pasajeras.<sup>17</sup>

---

<sup>15</sup> CHECA, E. J. 1986. Establecimiento y Manejo de Pasto y Forraje. Tema de Orientación Agropecuaria. 4<sup>ta</sup> Edición. Bogotá. p 92 – 99.

<sup>16</sup> CHECA, E. J. Ibid. p 92 – 99.

<sup>17</sup> CHECA, E. J. Ibid. p 92 – 99.

Se encontró que bajo condiciones naturales en suelos relativamente fértiles se alcanzan rendimientos anuales de 8 a 10 toneladas de forraje seco/ha/año (aproximadamente de 40 – 50 ton/ha/año de forraje verde) con cortes cada 6 a 8 semanas y aplicación de 50 kg de úrea /ha/año, se logran rendimientos de 20 a 30 toneladas de forraje seco /ha/año (aproximadamente de 100 – 150 ton/ha/año de forraje verde). En zonas con períodos secos de 4 – 5 meses el pasto Ángleton sostiene de 1 a 1.5 U.A./ha bajo condiciones naturales de crecimiento y manejo. En pastoreo continuo y áreas con períodos secos más cortos se sostienen de 2 a 2.5 animales. Con la aplicación de fertilizantes compuestos y rotación de potreros la carga puede aumentarse de 5 a 6 animales/ha/año. <sup>18</sup>

### 1.3 MICORRIZAS ARBUSCULARES

La palabra micorriza se origina del griego *mykes*, que significa hongo, y *rhyza*, que indica raíz. Etimológicamente se define como una simbiosis mutualista entre algunos hongos del suelo y las raíces de las plantas. En ella, el micelio del hongo infecta la corteza radical a modo de endófito y proyecta sus hifas tanto al interior como al exterior de la raíz. De hecho, la micorriza es la infección fúngica más extendida del reino vegetal y los hongos micorrizógenos contribuyen de manera sustancial a la biomasa del suelo. Desde el principio del siglo XIX se observó la presencia de la asociación e interpretó como de naturaleza parasítica; debió pasar más de un siglo para que se comenzara a aceptar su amplia ocurrencia y carácter benéfico. <sup>19, 20, 21</sup>

<sup>18</sup> Instituto Colombiano Agropecuario. 1996. Programa de Pastos y Forrajes.

<sup>19</sup> SÁNCHEZ, Marina. 1999. Endomicorrizas en Agroecosistemas Colombianos. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, p 33-82.

<sup>20</sup> AZCON Concepción, GUERRERO Eduardo, et al. 1996. Micorrizas Recurso biológico del suelo. Fondo FEN, Colombia, p. 7-39.

<sup>21</sup> SIEVERDING, Edward. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizal management in Tropical agrosystems, technical cooperation Federal Republic. Germany. p. 20 – 22.

Las MA constituyen el tipo de micorrizas más ampliamente distribuidas en la naturaleza, ya que la forman, aproximadamente, el 96% de las plantas sobre la tierra, entre las que se encuentran especies de gran interés agrícola e industrial. Se han descrito M.A. en todos los continentes salvo en la Antártida; se han encontrado en Pteridofitas, Briofitas, Gimnospermas y Angiospermas.<sup>22, 23</sup>

Aunque no se poseen evidencias de la fisiología de las endomicorrizas fósiles, es muy probable que funcionaran de una manera similar a las actuales y jugaran un papel importante en la colonización de la tierra y la subsecuente evolución de las plantas, convirtiéndose en factor determinante en la estabilidad de las comunidades vegetales dentro de los diferentes ecosistemas, hasta poder afirmarse que su presencia es regla y no excepción. En el caso de las endomicorrizas en particular, la coevolución no ha resultado en una especialización estrecha de los hongos con respecto al rango de hospederos.<sup>24</sup>

La importancia de ésta simbiosis en el desarrollo de las plantas se entiende al tener en cuenta que la raíz es el puente entre la planta y el suelo y que, a su vez, el micelio del hongo micorrizógeno es el puente entre la raíz y el suelo. En consecuencia, la micorriza, es como un órgano de absorción y translocación de agua y nutrientes, siendo una de las más sobresalientes adaptaciones de la raíz para desenvolverse adecuadamente en el ambiente edáfico.<sup>25</sup>

En el suelo se lleva a cabo la transformación de los elementos minerales y orgánicos con la ayuda de microorganismos como algas, bacterias, hongos, virus, etc., los cuales ya sea por mineralización, movilización, retención o fijación juegan

---

<sup>22</sup> Azcón, et al. 1996. Op cit. p 7 – 39

<sup>23</sup> ACUÑA, REYES ALEXANDRA. 1998. Monografía. Potencial de interacción de Micorrizas arbusculares en sistema de producción del cultivo de la papa en Colombia.

<sup>24</sup> SÁNCHEZ, Marina. 1999. Op cit. p 33-82.

<sup>25</sup> Azcón, et al. 1996. Ibíd. p 7 – 39

un papel muy importante.<sup>26</sup> La micorriza es un importante factor biológico dentro de la estructura y funcionamiento de los suelos, e incide sobre el comportamiento ecológico, productividad y composición de comunidades vegetales naturales, así como de cultivos agrícolas y plantaciones forestales. Se ha podido determinar el beneficio de ciertos hongos, que al realizar simbiosis con las raíces de las plantas, llamada asociación micorrícica, ayudan en la absorción de nutrientes especialmente el fósforo (P), además de proteger la raíz contra nemátodos y otros parásitos. Los hongos formadores de micorrizas deben ser considerados, entonces, como parte de la diversidad biológica de los suelos y deben ser incluidos tanto en los inventarios como en los análisis de la biodiversidad a nivel de ecosistemas.<sup>27</sup>

La mayoría de las plantas forma asociaciones simbióticas con hongos del suelo. La más común de estas asociaciones es la micorriza de tipo arbuscular, la cual involucra a hongos Zygomycetes, agrupados en el orden *Gómales*, que forman simbiosis edotróficas con las raíces en Angiospermas, Gimnospermas, Pteridofitas y Talofitas.<sup>28</sup>

Generalmente las familias vegetales *Conmelinaceaes* y *Juncaceae* no forman micorriza, lo mismo ocurre con raras excepciones en las familias *Amaranthaceae*, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Fumariaceae*, *Nyctaginaceae* y *Rizoaceae*. Dentro de las leguminosas el género *Lupinus* está registrado como no micorrizógeno.<sup>29</sup>

---

<sup>26</sup> SAIF, G. R. 1984. Respuesta de plantas forrajeras tropicales a las aplicaciones de roca fosfórica y micorrizas en un suelo oxisol no esterilizado. En: RICALDI, V. y ESCALERA, S. La roca fosfórica. Cochabamba, Bolivia. p. 309-327. ISBN 0-89054-158-2.

<sup>27</sup> GUERRERO, Eduardo. 1996. Micorrizas. Recursos biológicos del suelo. Fondo Fen. Bogotá.

<sup>28</sup> GUERRERO, Eduardo. 1996. *Ibíd.*

<sup>29</sup> SIEVERDING E. 1984. Aspectos básicos de la investigación de las micorrizas vesículo arbusculares. En: Investigación sobre micorrizas en Colombia. Memorias sobre el primer curso nacional sobre micorrizas. Universidad Nacional de Colombia. Febrero, 1984. p. 9

Varios cultivos tropicales como yuca, papa, maíz, sorgo, cebada, arroz bajo secano, tabaco, algodón, cítricos, cacao y partes de leguminosas son a menudo intensamente colonizados por M.A. en condiciones naturales; fríjol, trigo, café y tomate lo son con una menor intensidad, y pueden presentarse diferencias debido a los ecotipos, cultivares y clones de una misma especie de planta, como también la influencia del medio ambiente y la concentración del inóculo nativo. En los estudios que se han realizando acerca de la influencia de la M.A. sobre la producción de materia seca y la composición química en especies forrajeras, se ha venido resaltando la acción de una serie de factores tales como: la especificidad, el porcentaje de infección, época del año (lluviosa o seca), tipo de suelo, fertilización y fuentes y la dependencia.<sup>30</sup>

Estos hongos colonizan las raíces de las plantas para crecer y reproducirse. Un hongo puede infectar un amplio rango de especies y, aunque se han reportado diferentes respuestas en el crecimiento de las plantas dependiendo del tipo de hongo que se asocie con ellas, no hay, sin embargo, evidencia sobre la especificidad entre una cepa de hongo formador de MA y una especie de planta.<sup>31</sup> A pesar de ello, no se puede descartar la existencia de diferentes grados de afinidad entre cepas particulares de *Glomales* y especies de plantas.<sup>32</sup>

Las micorrizas representan una contribución fundamental para la economía nutritiva de la planta. Salvo contadas excepciones, la planta suministra algunas fuentes de carbono procedentes del producto de la fotosíntesis, además de un nicho ecológico protegido de los fenómenos de antagonismo microbiano en la rizosfera. Por su parte el hongo ayuda a absorber los nutrientes minerales del suelo necesarios para la planta. Se sabe que las hifas del hongo, que se

---

<sup>30</sup> SIEVERDING E. 1984. Op cit. p 9

<sup>31</sup> MORTON, J. B. 1990. Evolucionaary relation hips among arbuscular mycorrhizal fungi in the endogonaceae. En: Mycologia, 82(2). p. 192.

<sup>32</sup> GUERRERO, Eduardo. 1996. op cit.

desarrollan en la raíz y emergen de ella, desempeñan un papel importante en la translocación hacia la planta de iones fosfatos.<sup>33</sup>

De otro lado, la universalidad de las micorrizas implica una gran diversidad en lo que concierne a taxonomía de hongos y plantas simbiotes implicadas. De hecho, existen diferencias considerables en la morfología y fisiología de las asociaciones, lo que permite reconocer cinco tipos básicos diferentes, tal como se ilustra en el Cuadro 1, en las que las micorrizas arbusculares son las propias de las plantas de interés agronómico.<sup>34, 35</sup>

**Cuadro 1. Planta huésped, hongo y características de los principales tipos de micorrizas.**

<b>Tipo de Micorriza</b>	<b>Huésped Involucrado</b>	<b>Hongo Involucrado</b>	<b>Estructuras características</b>	<b>Funciones</b>
Ectomicorrizas	Gimnospermas, algunas angiospermas, restringido a árboles maderables	Basidiomycetes	Red de Hartig	Toma de nutrientes
		Algunos Ascomycetes	Manto	Mineralización de materia orgánica
		Pocos Zygomycetes	Rizomorfos	Agregación del suelo
Arbusculares	Briofitas	Zygomycetes	Arbúsculos	Toma de Nutrientes
	Pteridofitas	( Glomales )	Vesículas	Agregación del suelo
	Algunos Gimnospermas		Células auxiliares	
	Muchas angiospermas			
Ericáceas	Ericales Monotropaceas	Ascomycetes	Algunos con hifas en la célula,	Mineralización de materia orgánica
		Basidiomycetes	mantos y red de Hartig	Transferencia entre plantas

<sup>33</sup> GUERRERO, Eduardo. 1996. Op cit.

<sup>34</sup> BAREA, S. 1997. Biología de la rizosfera. En: Investigaciones y ciencias. Junio,. 9 p

<sup>35</sup> SYLVIA, D. M. FUHRMANN, J., HARTEL, P. and ZUBERER, D. 1999. Principles and Applications of Soil Microbiology. Prentice Hall, New Jersey. p 408-425.



<b>Tipo de Micorriza</b>	<b>Huésped Involucrado</b>	<b>Hongo Involucrado</b>	<b>Estructuras características</b>	<b>Funciones</b>
Orquidaceas	Orquídeas	Basidiomycetes	Rollos de hifas	Suministro de carbón y vitaminas para el embrión
Ectendomicorizas	Gimnospermas	Ascomycetes	Red de Harting con alguna penetración en la célula	Toma de nutrientes
			Manto delgado	Mineralización de materia orgánica.

Tomada de: SYLVIA, David, M.. Mycorrhizal Symbioses En: SYLVIA D.; FUHRMANN, J.; HARTEL, P.; And ZUBLERER D. Principles and Application of Soil Microbiology. Prentice Hall, New Jersey, 1999, p. 410.

#### 1.4 FUNCIÓN DE LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES

En el suelo existe gran cantidad de organismos vivos, entre los que se encuentran muchos patógenos y plagas de las plantas, igualmente, otros contribuyen a mejorar las condiciones físico – químicas en la capa arable. Entre los últimos se encuentran los H.M.A. los cuales incrementan la capacidad de la raíz para absorber nutrientes gracias al micelio fúngico, al constituirse en una extensión de las raicillas, lo cual permite explorar mucho más volumen que la raíz por sí sola.<sup>36</sup>

La importancia práctica de los hongos micorrizicos arbusculares, como recurso microbiológico de los ecosistemas naturales en el trópico, es conocida como una alternativa que contribuye al desarrollo de sistemas de producción sostenible y aporta los siguientes beneficios: Incrementa la eficiencia de la planta para la absorción, translocación y transferencia de los nutrientes del suelo, en especial los que se difunden lentamente como fósforo, amonio, potasio, calcio y azufre. Participa en el transporte activo de los micronutrientes como Zn, Cu, B y Mo, al

<sup>36</sup> Azcón C. et al. Op cit . p 7 - 39

igual que los microelementos esenciales para la planta como Fe y Mn que se encuentran generalmente en mayores concentraciones en plantas micorrizadas.<sup>37</sup>

La absorción de fosfatos por las hifas de los hongos formadores de micorrizas ocurre contra un gradiente de concentración. Las hifas externas tienen la habilidad para captar el fosfato soluble del suelo y transportado hasta los tejidos radicales desde distancias relativamente largas. El transporte neto de P desde el suelo hasta la planta micorrizada ocurre en tres etapas: la absorción de P por las hifas a partir del suelo, la translocación de nutrientes a través de ellas y su transferencia a la planta en la interfase hospedero – hongo.<sup>38</sup>

En condiciones de baja humedad y baja concentración de P, las plantas micorrizadas son más tolerantes al estrés de agua, se recuperan más rápido del marchitamiento y hacen uso más eficiente del agua absorbida. En cuanto a los mecanismos envueltos en la mayor tolerancia de las plantas micorrizadas a la sequía se han relacionado con el nivel nutricional, el P y K en especial, los cuales juegan papel fundamental en la regulación del agua en la planta; con menor resistencia a la conductibilidad hidráulica; a efectos sobre hormonas y regulación de estomas, y a mayor ramificación de la raíz de la planta hospedera, que incrementa su unión con el suelo y acceso al agua. Se ha sugerido que el micelio externo de los H.M.A funciona como puentes físicos que estrechan el contacto entre la raíz y el agua del suelo, en tal forma que se preserva la película de agua, el flujo hacia la raíz y se mantiene la transpiración. No hay evidencias que la M.A transporten agua en forma directa y la causa del mejoramiento que ocasiona en las relaciones hídricas sigue siendo objeto de estudio.<sup>39</sup>

---

<sup>37</sup> SALAMANCA, Carmen. 1999. Las micorrizas como estrategias de Mejoramiento nutricional de pasturas y especies frutales en el Departamento del Guaviare. Corpoica, boletín técnico N° 20, Pp 6- 24.

<sup>38</sup> SANCHEZ, Marina. 1999. Op cit. p 33 - 82

<sup>39</sup> SANCHEZ, Marina. 1999. Ibid. p 33 - 82

Los H.M.A. juegan un papel importante en el ciclaje y evitan la fijación o lavado; mejoran las relaciones hídricas; restauran las condiciones físicas y la fertilidad del suelo en los ecosistemas degradados; mejoran la agregación y previenen la erosión; estimulan el crecimiento vegetal y mejoran 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.<sup>40</sup>

El efecto benéfico de las micorrizas sobre el crecimiento de las plantas ha sido relacionado por el incremento en la toma de nutrientes inmóviles, especialmente fósforo. Se han propuesto varios mecanismos para la toma del P por las plantas micorrizadas, en los que se incluyen: Exploración de gran volumen de suelo, rápido movimiento del P dentro de las hifas de la micorrizas y la fijación del P en el suelo.<sup>41</sup>

Además de los beneficios anteriores, las micorrizas arbusculares contribuyen a la formación de microagregados estables, los cuales mantienen la estructura y calidad de los suelos, aumentan la tolerancia de las plantas a la salinidad, sequía, ataques de patógenos, evitan el lavado y fijación de elementos nutricionales esenciales, estimulan el crecimiento y la calidad nutricional e incrementan la eficacia de otros simbiontes (*Rhizobium*) en la rizósfera.<sup>42, 43, 44, 45</sup>

Más del 90% de las especies vegetales existentes en el planeta están micorrizadas cuando crecen en condiciones naturales, y de éstas, en 95% de los

---

<sup>40</sup> SALAMANCA, Carmen. 1999. Op cit. p 6 - 24

<sup>41</sup> BOLAN, N. S. 1991. A critical on the role of. Mycorrhizal, Fungi in the uptake of phosphorus by plant, Plant and soil, 134, pp 189 – 207.

<sup>42</sup> AZCON, C. et al. 1996 . op cit 7 - 39

<sup>43</sup> BAGO, Berta. AZCON de AGUILAR, Concepción y PICHE, Yves. 1998. Applied and Microbiology, American society for microbiology. p52-62.

<sup>44</sup> BAREA, J. M. 2002. Rhizosphere and mycorrhizal of field crops. En: BALAZS, E., et al. Biological resource management connecting. Science and policy, Springer, España, 91 p

<sup>45</sup> SIEVERDING, E. 1992. Op cit. p 20 - 22

casos, la asociación corresponde a micorriza de tipo arbuscular, en contraste con las ectomicorrizas donde la diversidad de los hospederos es escasa y de los simbiontes es muy amplia; en las endomicorrizas arbusculares, los simbiontes, en términos relativos, son escasos y de los hospederos, muy diversos (97% de las plantas vasculares, alrededor de 300.000). En los trópicos las endomicorrizas arbusculares son diez veces más abundantes que las ectomicorrizas y ocurren en la mayoría de las especies vegetales. Se ha encontrado que el 97% de las fanerógamas, incluidas casi todas las especies de interés agronómico, pastoril y selvático, presentan este tipo de micorrizas.<sup>46, 47, 48, 49</sup>

En las micorrizas arbusculares no existe especificidad desde el punto de vista del hongo ni de la planta. Un sistema radical puede estar colonizado simultáneamente por varias especies de hongos y un mismo hongo puede colonizar a la vez raíces de varias especies de vegetales que crecen en proximidad. De otra parte, las distintas especies, e incluso cultivos de la misma especie muestran un grado diferente de susceptibilidad a la colonización.<sup>50</sup>

## 1.5 MORFOLOGÍA DE LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES

Según Azcón y Barea<sup>51</sup>, Sylvia<sup>52</sup>, Peroza<sup>53</sup> y Morton<sup>54</sup>, la morfología de las micorrizas está conformada por:

<sup>46</sup> SANCHEZ, M. 1999. Op cit. p 33 - 82

<sup>47</sup> WOOD, Tim. VA mycorrhizal fungi: Challenges for comercialization En: AURORA, Dilip. Et al. 1992. Handbook of applied mycological biotechnology. Vol 4, 1114. N.Y

<sup>48</sup> BAREA, S. Micorrizas vesículo-arbusculares. 1990. En: CASADEUS, Joseph y RUÍZ, Francisco. Microbiología. Universidad de Sevilla. 278 p

<sup>49</sup> ROLDÁN, Fajardo y BAREA, José. 1987. Micorrizas en árboles y arbustos. En: Anales de edafología y agrobiología. Tomo XLVI; No. 1 – 2. Madrid, p. 229

<sup>50</sup> BOTERO L, María Catalina. 1998. Influencia de las micorrizas arbusculares sobre el crecimiento del Aliso (*Alnus acuminata H.B.K.*) en tres suelos diferentes de Colombia. Bogotá. 90 p

<sup>51</sup> AZCON G. Concepción y BAREA, 1980. José Miguel. Micorrizas. En: Investigaciones y ciencias. Volumen 47. p. 8.

<sup>52</sup> SYLVIA, D. et al. 1999 Op cit. p 408 - 425

<sup>53</sup> PEROZA, Pavel y JIMÉNEZ, Wimber. 1998. Eficiencia de micorrizas arbusculares (M.A.) en arroz (*Oryza sativa L.*) de secano mecanizado en suelos de Córdoba, Sucre y Antioquia. p. 6 – 7.

<sup>54</sup> MORTON, Joseph *et al.* 1996. Morphological basis for glomalean taxonomy. En: Classification and identification of arbuscular mycorrhizal fungi, INVAM, p. 16

- ⊕ **Hifas:** Los hongos formadores de micorrizas poseen dos sistemas de hifas, uno interno y otro externo (extramatriciales). El primero se desarrolla Inter o intracelularmente en las células corticales de la raíz, el segundo emerge de la raíz y se extiende por el suelo varios centímetros, dando lugar al micelio que constituye el sistema de absorción de nutrientes. La presencia del micelio externo constituye uno de los pilares de la asociación, estas hifas se desarrollan más allá del suelo que circunda la raíz, trasciende la rizósfera y transporta nutrimentos a la planta. Se presentan dos tipos de hifas extramatriciales; las de avance en el suelo, “runner”, y las absorbentes.
  
- ⊕ **Esporas:** Son una de las principales fuentes de inóculo de los hongos micorrízicos arbusculares. La germinación de las esporas es independiente de la presencia de raíces hospederas o exudados radicales; dichas estructuras contienen el material genético y las capacidades biosintéticas para germinar e iniciar la formación de micelio en ausencia de plantas y de sustancias minerales y orgánicas.<sup>55</sup>
  
- ⊕ **Arbúsculos:** Una vez las hifas del hongo alcanzan las células de la corteza interna, continúa su desarrollo longitudinal, emitiendo numerosas ramificaciones laterales, algunas de las cuales penetran el interior de las células, allí se ramifica en forma dicotómica repetidamente para dar origen a los arbúsculos. Cuando la hifa penetra para formar el tronco principal del arbúsculo, el plasmalema de las células hospederas no es perforado, si no que se invagina, envuelve a la hifa del hongo, creando un compartimiento donde altos complejo moleculares son depositados. Estos espacios apoplásticos originados por la invaginación, proveen contactos directos entre la planta y el hongo, permitiendo la transferencia eficiente de nutrientes entre ambos

---

<sup>55</sup> SANCHEZ, M 1999. Op cit. p 33 - 82

simbiontes. Los arbusculos son de corta vida, menos de 15 días y a menudo se dificulta la observación en muestras recolectadas en campo.<sup>56</sup>

⊕ **Vesículas:** Se forman posteriormente a los arbusculos en las zonas o regiones más antiguas de la infección, las cuales pueden ser intercaladas o terminales, Inter o intracelular; son estructuras ovoides que contienen material lipídico, están asociados a proceso de almacenamiento de nutrientes por parte del hongo. Estas estructuras poseen una pared fina que se engruesa en algunas ocasiones y se transforman en clamidosporas. El hecho de encontrarlas asociadas a raíces viejas o muertas, sugiere que también funcionan como órgano de latencia o de propagación del hongo. Es formada por todos los hongos micorrízicos arbusculares, con excepción de los géneros *Gigaspora* y *Scutellospora*.

## 1.6 FACTORES QUE AFECTAN LA FORMACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES

La efectividad de los hongos formadores de micorrizas arbusculares bajo condiciones de campo están determinado por: las condiciones físico-químicas del suelo (pH, contenido de fósforo, aireación, textura y contenido de materia orgánica), condiciones climáticas (intensidad y duración de la luz, temperatura, humedad, épocas de lluvias y épocas secas) y por las prácticas agronómicas (preparación del terreno, aplicación de pesticidas y prácticas culturales).<sup>57, 58</sup>

Entre los factores físicos – químicos que más influyen en el desarrollo de las MA se ha registrado el pH y el contenido de arcilla. Los HMA tienen amplia capacidad

<sup>56</sup> SYLVIA, D. et al. 1999. Op cit. p 408 – 425.

<sup>57</sup> GONZÁLEZ CORTÉZ, Alejandro. 1996. Las micorrizas como biofertilizantes en la agricultura. En: Curso cultivo e investigación del chontaduro, CORPOICA. Nariño, mayo 21 – 23 –. 208 p. ISBN 958-9129-37-4.

<sup>58</sup> SANCHEZ, M. 1999. Op cit. p 32. 82

de adaptación a condiciones de pH, éstos 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 en función del pH.<sup>59</sup>

En los suelos tropicales las condiciones limitantes de pH llevan a que el encalamiento sea una práctica agronómica recomendada para reducir la saturación de Aluminio y sus efectos tóxicos para suplir las necesidades de Calcio y de Magnesio en los cultivos. Algunos autores sugieren que algunas especies de HMA son susceptibles al encalamiento, lo cual hace que se reduzca la diversidad de poblaciones.<sup>60</sup> Además, el pH influye sobre la solubilidad del fósforo, y sobre solubilidad y disponibilidad de otros elementos hacia las raíces de las plantas en el suelo, incluyendo hierro, manganeso, cobre, zinc y cantidades tóxicas de aluminio.<sup>61</sup>

Con respecto a la textura del suelo, se han encontrado porcentajes de infección por HMA más bajos en suelos arenosos, aunque algunas especies de *Gigaspora* se han visto favorecidas por esta condición.<sup>62</sup> Los suelos compactados reducen la fertilidad del suelo y la destrucción y distribución de las raíces de las plantas y de las hifas de las micorrizas arbusculares en la rizósfera.<sup>63, 64</sup>

Los factores como la humedad, temperatura, luminosidad y aireación afectan directa o indirectamente a los HMA a través del hospedero. Dada la naturaleza aerobia de los micosimbiontes en ecosistemas terrestres, la presencia de exceso de humedad limita el establecimiento de la simbiosis y los efectos benéficos de esta asociación. La temperatura afecta a las micorrizas arbusculares dependiendo

---

<sup>59</sup> SANCHEZ, M. 1999. Op cit. p 32. 82

<sup>60</sup> SANCHEZ, M. 1999. Ibid. p 32. 82

<sup>61</sup> SAIF and DUNIWAY, J. M. 1991. Evaluation of plant response to colonization by vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi, environmental variables. En: SCHENCK, N. C. Methods and Principles of mycorrhizal research. Florida: Third printing, APS, Press. p.78.

<sup>62</sup> SANCHEZ, M. 1999. Ibid. p 32. 82

<sup>63</sup> SAIF and DUNIWAY, J. M. 1991. Ibid. p 78

<sup>64</sup> JEFFRIES, P. and BAREA, José. 1999. Arbuscular Mycorrhiza a key component of sustainable plant – soil ecosystems. En: The mycota IX, fungol associations. Edition Hock. 113 p.

de la especie y de la combinación hospedero - micosimbionte. La combinación luz y temperatura, en la medida que afecta la fotosíntesis del hospedero y por lo tanto la disponibilidad de carbohidratos, altera considerablemente el equilibrio de la MA.<sup>65</sup>

Los efectos de manejo agronómico sobre las MA no han sido extensamente estudiados en el campo. Diferentes prácticas como la rotación de cultivos, cultivos asociados, intercalados, fertilización con residuos orgánicos compostados, frescos, mulch, etc., pueden afectar positivamente la presencia de HMA nativos.<sup>66</sup>

La temperatura tiene una influencia significativa en la colonización y esporulación. Bagyaraj<sup>67</sup> sostiene que la temperatura tiene una influencia significativa sobre la colonización y la esporulación bajo condiciones de campo. La alta temperatura induce un incremento en la colonización de las raíces y en la esporulación. Se ha reportado que el máximo desarrollo de las micorrizas arbusculares se da cerca de los 30° C, mientras que la colonización micelial sobre la superficie de la raíz, ocurre entre los 28 y 34° C.

Según Azcón<sup>68</sup>, la luz es un factor fundamental en la infección de la M.A. Los hongos MVA obtienen su recurso de carbono desde la planta hospedera y a partir de la fotosíntesis de ella y la translocación de fotosintatos a la raíz, de esta manera, la luz puede afectar significativamente el desarrollo de la micorriza. La luz afecta fuertemente el desarrollo de las micorrizas. El sombreado no sólo reduce la colonización y esporulación, sino también en la respuesta de la planta a la micorrización. El efecto de la luz sobre las micorrizas al parecer influye en la fotosensibilidad de la planta; un fotoperíodo de 12 horas o más, es importante para

---

<sup>65</sup> SANCHEZ, M. 1999. Op cit. p 32. 82

<sup>66</sup> SANCHEZ, M. 1999. Ibid p 32. 82

<sup>67</sup> BAGYARAJ, Joseph. Ecology of vesicular – arbuscular mycorrhizae. 1991. En: AURORA, Dilip. *et al.* Handbook of applied mycología soil and plants. Vol. 1. New York: Marcel Dekker Inc. p. 13 – 14.

<sup>68</sup> AZCON, C. et al. 1996. Op cit. p 7 - 39



producir altos niveles de colonización en comparación con la intensidad de la luz solar.<sup>69</sup>

Respecto al factor agua, las micorrizas arbusculares se encuentran en un amplio rango de suelos con contenidos de agua. La colonización se ha llevado a cabo en regiones áridas, en pantanos y también en plantas acuáticas flotantes y sumergidas. Se ha establecido que bajo condición de saturación, la concentración de oxígeno puede inhibir la germinación de la espora y la colonización de estas micorrizas.<sup>70 71</sup> Estudios realizados han considerado que niveles excesivos de agua en el suelo reducen el crecimiento y la infección de las micorrizas arbusculares. Los suelos mal drenados saturados por largos periodos decrecen la infección, de igual forma bajos niveles de agua en el suelo, disminuyen la infección, la estimulación del crecimiento en la planta y la producción de esporas.<sup>72, 73, 74</sup>

Bonilla<sup>75</sup> encontró que existe relación inversa entre el número de espora/g de suelo y el porcentaje de infección, dependiendo de la época de muestreo. En época seca cuando las plantas están bajo condiciones de estrés, el número de esporas ambientales juegan un papel importante en la formación de unidades formadoras de infección. El déficit de agua estimula la producción de esporas, lo cual explica su mayor cantidad en la época seca verano.

<sup>69</sup> BAGYARAJ, Joseph. 1991. Op. cit. p 13 – 14

<sup>70</sup> CORWELL, William; BEDFORD, Barbara and CHAPIN, Carmen. 2001. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in a phosphorus poor wetland and mycorrhizal response to phosphorus fertilization. En: American Journal of Botany 88 (10), p. 1824.

<sup>71</sup> BAGYARAJ, Joseph. 1991. Ibid. p 13 – 14

<sup>72</sup> SAIF, G. 1991. Op.cit. p 78

<sup>73</sup> TANG, F; WHITE, J. and CHARVAT, I. 2001. The effect of phosphorus availability on arbuscular mycorrhizal colonization of typha angustifolia. En: Mycologia, 93 (6), p. 1042.

<sup>74</sup> WHETTEN, R. and ANNE J., A. 1992. Theoretical considerations in the commercial utilization of mycorrhizal fungi.. En: ARORA, Dilip; ELANDER, Richard and MUKERSI, K. G. Handbook of applied mycology. Fungal Biotechnology. Vol. 4. New York:. 1114 p.

<sup>75</sup> BONILLA B., Ruth. 2000. Utilización de hongos micorrizógenos en la producción agrícola. CORPOICA, regional 3. Boletín de investigaciones, Valledupar. p. 23.

Jeffries y Barea<sup>76</sup> sostienen que otro factor físico que afecta el funcionamiento de las micorrizas arbusculares, es la intensidad del pastoreo producidos por animales herbívoros. Encontraron que tres especies de pastos, sometidas a desfoliaciones, responden diferentemente con respecto a los cambios en la dinámica de micorrización. En *Digitaria* y *Lolium* la colonización disminuyó, pero la cantidad de hifas en el suelo no fue afectada. De otra parte *Themeda*, quien es susceptible al pastoreo, no mantiene cantidades de hifas en el suelo después de la desfoliación.

En cuanto a los factores químicos como los nutrientes, algunos experimentos muestran que la adición de fósforo afecta la colonización de las raíces, sin embargo no se pueden hacer recomendaciones para niveles específicos de fósforo para producción de micorrizas. Saif y Duniway<sup>77</sup> sostienen que el fósforo afecta la colonización de las micorrizas arbusculares en raíces. Diferentes formas de fósforo adicionados al suelo como: roca fosfórica, fosfatos orgánicos o solución de fósforo, tienen efectos diferentes sobre las micorrizas, probablemente a causa de las diferencias en la solubilidad de los fosfatos. Altos niveles de fósforo en el suelo pueden inhibir la infección y el crecimiento de la plantas. Tang<sup>78</sup> encontró que los altos niveles de colonización de micorrizas arbusculares en plantas de pantanos (*Typha angustifolia*) se debieron a la baja disponibilidad del fósforo en esos ecosistemas. Del mismo modo Manjunath<sup>79</sup> afirma que la colonización de raíces de *Leucaena* por micorrizas se incrementó significativamente por la aplicación de roca fosfórica. Las bajas tasas de aplicación producen un incremento en la colonización de *Leucaena* y en otras leguminosas.

---

<sup>76</sup> JEFFRIES, P and Barea, J. 1999. Op cit. p 113

<sup>77</sup> SAIF and DUNIWAY, 1991. Op cit. p 78

<sup>78</sup> TANG, F. et al. 2001. Op cit. p 1042

<sup>79</sup> MANJUNATH, A.; HUE, N. V. and HABTE M. 1989. Response of leucaena leucacephala to vesicular – arbuscular mycorrhizal colonization and rock phosphate fertilization in an oxisol En: Plant and Soil. p. 127 – 133.

De otra parte, se ha demostrado que los fertilizantes con nitrógeno tienen un efecto negativo en la población de micorrizas. Altos niveles de Nitrógeno, más en forma amoniacal que nítrica, pueden afectar negativamente el establecimiento de la MA, esto varía de un sitio a otro y está ligado con la disponibilidad de P.<sup>80</sup>

Bagyaraj<sup>81</sup> sostiene que micronutrientes como el manganeso y zinc inhiben la germinación de la espora de los hongos micorrízicos. Se ha encontrado que el zinc y el cobre inhiben la colonización en algunas plantas. Igualmente los hongos se ven realmente afectados por los pesticidas de diferentes clases. Sin embargo, se ha visto que se pueden recuperar después de algunos años.<sup>82</sup>

Según Mosse<sup>83</sup>, en los suelos áridos y semiáridos el exceso de sales solubles es un problema especial; la salinidad causa desbalance nutricional para las plantas. Un exceso de cloro puede interferir en la absorción de nitratos y fosfatos, una alta concentración de sodio puede afectar la adquisición de calcio y magnesio. Las M.A., pueden aliviar algunos efectos negativos de la salinidad.

En investigaciones llevadas a cabo en Brasil con el pasto *Brachiaria decumbens*, inoculado con la especie de H.M.A. *Glomus etunicatum*, en suelos con diferentes niveles de cloruro de sodio, se encontró que el porcentaje de infecciones en raíces y el número de esporas en el suelo no fue afectado por incrementos en los niveles de cloruro de sodio aplicados al suelo.<sup>84</sup>

---

<sup>80</sup> SANCHEZ, M. 1999. Op cit. p 33 - 82

<sup>81</sup> BAGYARAJ, J. 1991. Op cit. p 13 – 14

<sup>82</sup> DILIP, Aurora, B. H., Arat. RAY, U. G. Murkeji, and GUY. R. Vindren. 1991. Handbook of Applied Mycology Soil and Plant, Vol I, Dekker, Inc. New York.

<sup>83</sup> MOSSE, B. 1991. Advances in the study of VAM Annual rev. Phytopathology. (11). p. 171 – 196.

<sup>84</sup> MERGULHAO, Aces, et al. 2001. Salt stress response of *Brachiaria* plants with and without inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi. En: Agrochimica. 45 (1-2). p. 24 – 31.

En otros estudios, McMillen<sup>85</sup> evaluando el efecto del cloruro de sodio sobre el porcentaje de colonización de *Gigaspora decipiens* dentro de las raíces de *Trifolium resupinatum* encontró que los incrementos en la concentración de cloruro de sodio en el suelo inhibe la distribución de la colonización después de iniciada, debido a que la concentración de este compuesto inhibe el crecimiento de la hifa e influye en el suministro de carbohidratos desde la planta hacia el hongo.

Con relación a la materia orgánica, esta influye en la estructura del suelo, el pH, el perfil de nutrientes y la capacidad de retención del suelo, lo que puede hacer que actúen directa y/o indirectamente influenciando el desarrollo y la eficiencia de las MVA.<sup>86</sup> Jeffries y Barea<sup>87</sup> afirman que la aplicación de fertilizantes orgánicos y materia orgánica (estiércol de bovino), incrementan la cantidad de micelios y la esporulación de las micorrizas arbusculares en el suelo.

La presencia o ausencia de plantas obviamente juega un papel importante en la colonización y en la subsiguiente esporulación. Los hongos MVA no son siempre igualmente inefectivos en las especies de plantas, y ciertamente, varían en sus interacciones fisiológicas con diferentes plantas y así en sus efectos en el crecimiento de la planta.<sup>88</sup>

Se ha demostrado que periodos cortos de dormancia pueden evitar que se dé la germinación de esporas inmediatamente después de la formación alrededor de la raíz. Por otro lado, los largos periodos de dormancia protegen las esporas de falsos periodos de germinación en la estación.<sup>89</sup> Estos procesos que preceden la germinación de la espora han sido poco estudiados comparados con el desarrollo

---

<sup>85</sup> McMILLEN, BG; JUNIPER, S; ABBOT, LK. 1998. Inhibition of hyphal growth of a vesicular arbuscular mycorrhizal containing sodium chloride of infection from fungus in soil limits the spread spores. 30 (13). p. 1639 – 1646.

<sup>86</sup> DILIP, Aurora,. Et al. 1991. Op cit. Vol I

<sup>87</sup> JEFFRIES, P and Barea, J. 1999. Op cit. p 113

<sup>88</sup> DILIP, Aurora,. Et al. 1991. Ibid. Vol I

<sup>89</sup> BAGYARAJ, J. 1991. Op cit. p 13 – 14

en sí. Un estudio demostró que el RNA no es detectable o está presente en pocas cantidades en las esporas dormantes del hongo *Gigaspora rosea*.

De los microorganismos que colonizan la rizósfera, los hongos MVA ocupan una posición ecológica única, debido a que están parcialmente adentro y afuera del hospedero. La parte del hongo dentro de la raíz no encuentra competencia de otros microorganismos del suelo.

## 1.7 TAXONOMIA DE LAS MICORRIZAS V.A.

Según Mortón<sup>90</sup>, Morton y Benny<sup>91</sup>, y Walker<sup>92</sup>, durante muchos años los hongos formadores de micorrizas arbusculares se ubicaron en el orden *Endogonales* junto al género no micorrízico *Endogone*. Sin embargo, a la luz de las consideraciones filogenéticas, se estableció que su condición simbiótica constituía criterios suficientes para agruparlos en un taxón particular, lo cual dio origen al orden *Glomales* y a un re-arreglo de familias. Clasificaron a los hongos micorrízicos en la división *Eumycota*, clase *Zygomycetes*, orden *Glomales*, suborden *Glominaeae* y *Gigasporaceae* con las siguientes familias y sus géneros respectivos:

- *Glomaceae* (*Glomus*, *Sclerocystis*)
- *Acaulosporaceae* (*Acaulospora* y *Entrophospora*)
- *Gigasporaceae* (*Gigaspora* y *Scutellospora*)

<sup>90</sup> MORTON, Joseph *et al.* 1990. Classification and identification of arbuscular mycorrhizal fungi. INVAM: Florida. First ICOM Workshop, p. 24

<sup>91</sup> MORTON, J. B. and BENNY, G. L. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes) a new order, Glomales, Two suborders, Glominaceae y Gigasporinaceae, and families, Acaulosporaceae AND Gigasporaceae, with and amendment of Glomaleceae En: Review Mycotaxon, (37). p. 192 – 207.

<sup>92</sup> WALKER, C. 1990. Systematic and taxonomy of the arbuscular endomycorrhizal fungi (Glomales) a possible way forward for review agronomies. (12). p. 887 – 897.

<b>Reino:</b>	Hongos
<b>Phylum:</b>	Zygomycota
<b>Clase:</b>	Zygomycetes
<b>Orden:</b>	Glomales
<b>Familias:</b>	Glomaceae (Géneros: Glomus y Sclerocystis) Acaulosporaceae (Géneros: Acaulospora y Entrophospora) Gigasporaceae (Géneros: Gigaspora y Scutellospora) Archaeosporaceae (Género: Archaeospora) Paraglomaceae (Género: Paraglomus)

A nivel de género, la taxonomía de estos hongos se fundamenta en características tales como formación y morfología de las esporas, modo de germinación y morfología del esporocarpo. Otros caracteres, como apariencia de las esporas (color, contenido, grosor de la pared, ornamentación y tipo de conexión entre las hifas), murografías (diagramas que ilustran la estructura de la pared de la espora) y anatomía de la infección del hongo (no rutinaria entre los taxónomos), se usan para la taxonomía a nivel de especie.<sup>93</sup>

De otro lado, los caracteres morfológicos son a veces difíciles de distinguir, lo cual hace complicado el manejo de claves, por demás complejas. La morfología de algunas esporas de MA es muy similar, por lo que en ocasiones puede ser muy difícil distinguir una especie de otra.<sup>94</sup>

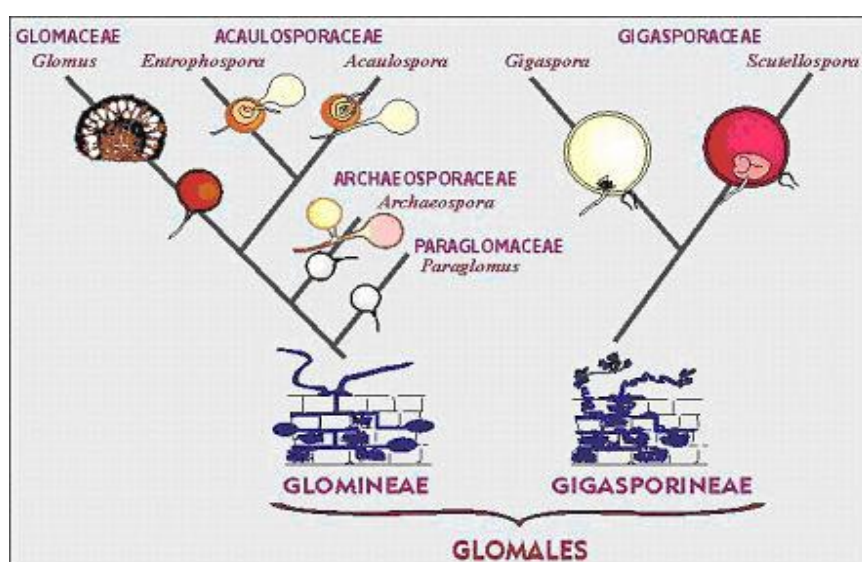
Dos nuevos ancestros de hongos formadores de micorrizas arbusculares fueron descubiertos a partir de secuenciación de ADN ribosomal. Son dos nuevas familias: *Archaeosporaceae*, la cual contiene dos géneros con tres especies formadoras de esporas semejantes al género *Acaulospora*, se encontró que dos de las especies son dimórficas; y la familia *Paraglomaceae*, la cual contiene el

<sup>93</sup> SCHENCK and PEREZ, Yvonne. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. Tercera Edición. USA: Synergistic Publications,. p. 17.

<sup>94</sup> AZCON, C. et al. 1996. Op cit. p 7 - 39

género *Paraglomus* con dos especies formadoras de esporas diferentes a las del género *Glomus*. Ambas especies fueron identificadas desde medios de cultivos con suelos y fragmentos de raíces de hierbas y secuenciales cultivos de sorgo. Estas especies son formadoras de arbuscúlos en medios de cultivos con trigo.<sup>95</sup> (Figura 1)

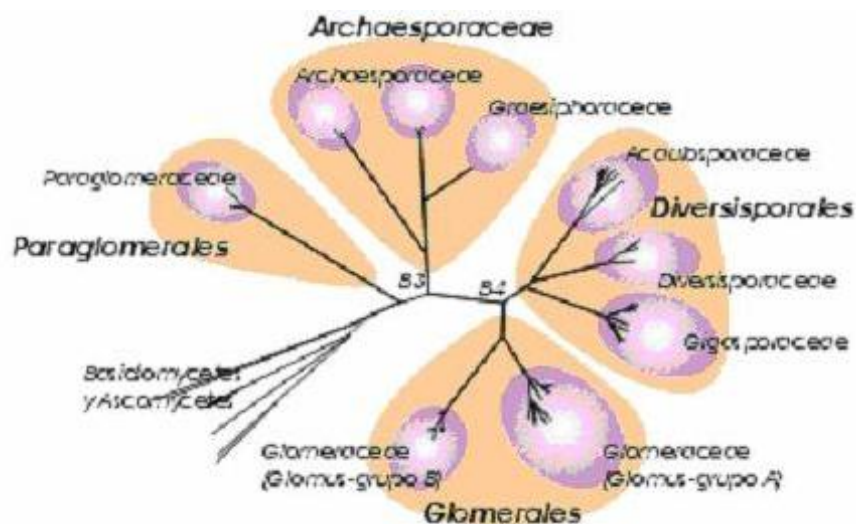
**Figura 1. Clasificación taxonómica propuesta por Morton y Redecker.**



Analizando las secuencias de genes de la unidad pequeña (SSU) del RNA, Schüßler reubicó a los hongos formadores de micorrizas arbusculares en el nuevo Phylum *Glomeromycota*. Dentro de este nuevo *phylum* se agrupan tres nuevos órdenes, *Archaeosporales*, *Paraglomales* y *Diversisporales* (Veáse la Figura 2).

<sup>95</sup> MORTON, Joseph B.; and REDECKER, Dirk. 2001. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera Archaeospora and Paraglomus, based on concordant molecular and morphological characters *En: Mycologia*, 93(1), p. 181

**Figura 2. Estructura taxonómica propuesta para H.M.A. basada en la secuencia de los genes de la SSU y rRNA por Schüßer**



## 1.8 ETAPAS EN EL ESTABLECIMIENTO DE LAS MICORRIZAS V.A.

El establecimiento de la simbiosis va a depender de las interacciones entre los tres componentes del sistema: el hongo, las plantas y las condiciones ambientales. Su presencia implica que ocurran procesos de reconocimiento entre los simbios, compatibilidad y especificidad, los cuales condicionan su expresión y conducen a la integración morfológica y funcional de las asociaciones.<sup>96</sup>

En el proceso de formación de la simbiosis se pueden distinguir diferentes fases: precolonización, penetración inicial del hongo, colonización intraradical y desarrollo del micelio externo y de estructuras reproductivas. Aparentemente los modelos de penetración y colonización del hongo son dependientes no solo del hospedero sino también del tejido a colonizar.<sup>97</sup>

<sup>96</sup> SANCHEZ, M. 1999. Op cit. p 33 - 82

<sup>97</sup> SANCHEZ, M. 1999. Ibid. p 33 - 82



## 1.9 LAS MICORRIZAS Y ESPECIES DE PASTOS TROPICALES

Se ha estudiado la frecuencia e intensidad de infección de MVA en gramíneas y leguminosas herbáceas y arbustivas en dos suelos del estado de Ceara. Dentro de las 43 gramíneas relacionadas, además de otras que exhibieron elevada infección en solo uno de los suelos, se destacaron con los mayores porcentajes de infección micorrícica las *Brachiaria ruziziensis*, *B. brizantha* y *Digitaria decumbens*.<sup>98</sup>

Evaluando varias especies de hongos de MVA en *Andropogon gayanus*, *Brachiaria spp.*, *Panicum maximum*, entre otras gramíneas y leguminosas, en un suelo oxisol deficiente, se reportó que las especies *Glomus manihotis* y *Entrophospora colombiana* eran las más efectivas para una gama de cultivos y pastos y a una amplia variedad de niveles de N, P y K. A niveles bajos de P casi todas las especies de cultivos y pastos dependieron mucho de las micorrizas. Pero a niveles superiores de P en el suelo, varias leguminosas forrajeras dependieron más que las especies de gramíneas.<sup>99</sup>

Por otra parte, en un trabajo realizado con *Brachiaria decumbens*, se encontró que el porcentaje de infección y el número de esporas de los géneros *Gigaspora* y *Glomus*, son mayores en la estación lluviosa, en Cerrado (Brasil). Iguales resultados encontró Sairf en los Llanos Orientales de Colombia en varias especies forrajeras. El mismo autor encontró que niveles altos en la aplicación de P tienden a reducir la infección por micorriza mientras que niveles bajos la estimularon.<sup>100</sup>

---

<sup>98</sup> ALMEIDA, R.T. DE FREIRE. 1985. Infección de micorrizas (M.V.) en gramíneas y leguminosas herbáceas y arbustivas en dos suelos del estado de Ceara. Ciencias Agronómicas (6(1); 69-73 Pt. Sem.)

<sup>99</sup> HOWELER, R.H. 1983. La función de las micorrizas vesículo arbusculares en la nutrición fosfórica de la yuca en suelos ecuatoriales, Vol. 3 N° 2. PP 51 - 65.

<sup>100</sup> MIRANDA, J. CC: 1981. Presencias de endomicorrizas nativas en un suelo del cenado del distrito federal e influencia de estos en la absorción de fósforo por *Brachiara decumbens*. Revista Brasileira de Ciencia do Suelo 5 (2): 100-105

Trabajos sobre dependencia de micorriza en 24 especies forrajeras tropicales, reportaron que *Brachiaria decumbens* y *B. brizantha* fueron las más dependientes, la menos dependiente fue el *Panicum maximum* (150%). Los resultados indican que las gramíneas tropicales son iguales o hasta más dependientes de las micorrizas que las leguminosas cuando crecen en suelos de baja fertilidad.<sup>101</sup>

En experimentos realizados en invernadero con los siguientes tratamientos; SM (sin inoculación de micorriza ni fertilización con fósforo), M (inoculación con micorriza), PS (P solubles), RF (roca fosfórica del Huila); RF + M, la inoculación de micorriza aumentó considerablemente el porcentaje de cobertura, la producción de materia fresca, materia seca y la absorción de minerales en las leguminosas tratadas.<sup>102</sup>

Igualmente, en un estudio con 24 leguminosas y gramíneas forrajeras y tropicales, en condiciones de invernadero en un suelo oxisol estéril de bajo contenido de P, las plantas no micorrizógenas siempre contenían cantidad de elementos minerales en menor proporción que las plantas micorrizógenas. La absorción total de todos los elementos por leguminosas no micorrizógenas y la absorción de P, N y K por gramíneas no micorrizógenas tuvo una correlación inversa con la dependencia de micorrizas. Plantas inoculadas usaron cantidades de P del suelo significativamente mayores. La utilización de P del suelo por plantas no micorrizógenas se correlacionó inversamente con la dependencia de micorrizas.<sup>103</sup>

Al evaluar el efecto de la inoculación de pasturas *Brachiaria decumbens* y *B. acíyoneura* con micorrizas nativas e introducidas con o sin fertilización con respecto al suelo nativo (sin inoculación y sin fertilización), sobre el desarrollo, calidad nutricional y los contenidos de nutrientes en el tejido de las pasturas,

<sup>101</sup> CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1984. Microbiología de suelos En: Programa de pastos tropicales, informe anual. Cali, Colombia p. 153-175

<sup>102</sup> SAIF, G. 1984. Op cit. p 309 - 327

<sup>103</sup> SAIF, G. 1984. Ibid. p 309 - 327

número de espora y porcentaje de colonización, los resultados indicaron una mayor eficiencia con las cepas nativas tanto naturales e inoculadas y sin fertilización con respecto a las micorrizas introducidas. En *B. decumbens* se encontró la mayor diversidad de los hongos formadores de micorrizas arbusculares (81.8%), éstas especies presentaron mayor afinidad con el género *Glomus* (55.5%).<sup>104</sup>

De otra parte, en estudios realizados Picone<sup>105</sup> encontró que el número de esporas de micorrizas arbusculares es igual o mayor en pasturas que en suelos de bosques, los cuales fueron muy similar a un estudio realizado en el trópico, donde el número de esporas por 100 gramos de suelos en bosques fue de 110 – 770 esporas, mientras que para pasturas fue de 830 – 2600 esporas. También afirma que la cantidad de esporas de especies de hongos formadores de micorrizas arbusculares son similares para ambos ecosistemas, pero la riqueza de especies es mucho mayor en los bosques.

En otros experimentos, Ahn-Heum<sup>106</sup> afirma que las micorrizas incrementan la tolerancia de las plantas al pastoreo por animales herbívoros, por un incremento en el suministro de nutrientes a las plantas huésped, los cuales estimulan el rebrote continuo de las pasturas después de las desfoliaciones hechas. Los autores anteriores encontraron que la diversidad de especies de micorrizas arbusculares decrece con el pastoreo moderado y alto a través de los años. Los resultados encontrados sugieren que la desfoliación, por el pastoreo de animales herbívoros, altera fuertemente el desarrollo de las reservas de las plantas para estimular fuertemente el desarrollo de la simbiosis. Los cambios en la composición de las especies de micorrizas y el decrecimiento en la diversidad con el pastoreo continuo, indica que la desfoliación provoca la alteración del microambiente del

<sup>104</sup> SALAMANCA, C. 1999. Op cit. p 6 - 24

<sup>105</sup> PICONE, Chris. 2000. Diversity and abundance of arbuscular – mycorrhizal fungus spores in tropical forest and pasture En: Biotropica 32(4a), p. 734-750

<sup>106</sup> AHN-HEUM, G. et al. 2001. Op cit. p 233 - 242

suelo y como consecuencia disminución en la diversidad, pero esto a la vez conduce a que ciertas especies de micorrizas puedan adaptarse a las condiciones del pastoreo.

En estudios sobre eficiencia de hongos micorrizicos arbusculares asociados a la producción de forraje en el pasto Colosuana en fincas ganaderas de Corozal, Colombia, Pérez<sup>107</sup> encontró que la densidad de esporas /100 gr. de suelo y el porcentaje de infección en raíces oscilaron de 900– 7300 y 41 – 65 respectivamente. El autor reporta también el aislamiento de 31 morfotipos nativos de H.M.A distribuidos en los géneros de **Glomus** y **Gigaspora**, predominando este ultimo género.

De otro lado, el estudio de la micorriza contribuye a un mejor conocimiento sobre estructura de ecosistemas naturales, relaciones suelo – vegetación, dinámica de nutrientes y procesos sucesionales de la vegetación. En América Latina, diversas instituciones han adelantado en los últimos 15 años investigaciones que han hecho evidente el potencial que tiene el desarrollo de técnicas de manejo de las micorrizas para favorecer la productividad vegetal, y para reducir el costo de fertilizantes químicos y aprovechar de una manera equilibrada y sostenida el recurso suelo.<sup>108</sup>

Las experiencias más avanzadas en las regiones como Cuba y Brasil, ofrecen un claro panorama de las enormes perspectivas de aplicación de estos hongos. Otros países como Colombia, México y Costa Rica cuentan igualmente con comunidades de micorrizólogos en formación.<sup>109</sup>

---

<sup>107</sup> PEREZ, A. 2003. Eficiencia de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (h.m.a.) Nativos, asociados a la producción de forraje en la especie de pasto Colosuana (*bothriochloa pertusa* (l) a. *Camus*) en el municipio de Corozal, departamento de Sucre

<sup>108</sup> AZCON, C. et al. 1996. Op cit. p 7 - 39

<sup>109</sup> AZCON, C. et al. 1996. Ibid. p 7 - 39

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 SITIO DE ESTUDIO

El presente proyecto se realizó durante el segundo semestre de 2002 y año 2003, en fincas ganaderas localizadas en los municipios de Corozal y Tolú, pertenecientes al Departamento de Sucre. El municipio de Corozal está localizado en el centro occidente del Departamento de Sucre, en la denominada Subregión de Sabanas, a 9° 19' latitud Norte y 74° 18' longitud Oeste, tiene una extensión de 442 km<sup>2</sup>, con una altura de 174 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 28 °C, precipitación media anual de 954 mm y una humedad relativa promedio anual de 77%. Según el Plan de Ordenamiento Territorial<sup>110</sup>, los suelos del municipio de Corozal están dedicados a la actividad agropecuaria por ser ésta su principal actividad económica. Es de resaltar que este uso se encuentra condicionado por dos épocas pluviales: la lluviosa y la seca (5 a 6 meses). La superficie aprovechable agropecuaria representa el 69.78%, de los cuales el 48.65% lo ocupa la ganadería extensiva y el 11.74% en superficie agrícola.

El municipio de Tolú se encuentra en el Noroccidente del Departamento de Sucre en la denominada llanura costera aluvial del Golfo de Morrosquillo, a 9° 31' Latitud Norte y 75° 35' Longitud Oeste a 3 metros de altura sobre el nivel del mar, con temperatura promedio de 28 °C y una precipitación pluvial anual de 500 – 1200 mm. . La estación lluviosa va desde finales de abril hasta finales de noviembre, con algunas disminuciones sustanciales entre junio y agosto, denominado

---

<sup>110</sup> PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. 2002. Diagnóstico del Municipio de Corozal, Departamento de Sucre. p 1-5.

veranillo de San Juan; la época seca tiene duración aproximada de 5 meses (diciembre – abril) La formación vegetal corresponde al bosque seco tropical, se encuentra en clima cálido seco, los materiales que conforman los suelos están constituidos por sedimentos aluviales, marinos o combinaciones de los dos. En algunos sectores hay sedimentos orgánicos.<sup>111</sup> (Anexo A).

## 2.2 ÁREA DE MUESTREO

El muestreo se llevo a cabo durante los meses de Octubre a Diciembre de 2002 y Enero de 2003 en fincas ganaderas de los municipios de Tolú y Corozal establecidas con pastos Ángleton y Colosuana ubicadas según el Plan de Ordenamiento Territorial y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en seis zonas para cada municipio (Cuadro 2 )

**CUADRO 2. ZONAS Y FINCAS GANADERAS DE LOS MUNICIPIOS DE TOLÚ Y COROZAL ESTABLECIDAS CON PASTOS ÁNGLETON Y COLOSUANA**

ZONA	CORREGIMIENTO	TOLÚ	
		Nº FINCAS COLOSUANA	Nº FINCAS ANGLETON
1	Puerto Viejo	7	6
2	Cabecera Municipal	7	7
3	Pita	11	8
4	Nueva Era	7	4
5	Coveñas	7	5
6	Santa Lucía	7	5
<b>TOTAL</b>		<b>46</b>	<b>35</b>
ZONA	CORREGIMIENTO	COROZAL	
		Nº FINCAS COLOSUANA	Nº FINCAS ANGLETON
1	Cabecera Municipal	4	4
2	Hato Nuevo – La Loma	3	6
3	Don Alonso	8	9
4	Mamón	16	9
5	Llanadas	7	3
6	Villanueva - Paliza	5	3
<b>TOTAL</b>		<b>43</b>	<b>34</b>

<sup>111</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Estudio general de suelos y zonificación de tierras, departamento de Sucre, 1998. p. 118.

## 2.3 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE FINCAS GANADERAS ESTABLECIDAS CON PASTO COLOSUANA Y ÁNGLETON EN LOS MUNICIPIOS DE COROZAL Y TOLÚ

Para este propósito se realizaron visitas a las diferentes zonas que conforman los Municipios de Corozal Y Tolú, Departamento de Sucre y con la colaboración de la Federación Nacional de Ganaderos, ICA, UMAT, Ganaderos y Vacunadores, se determinó el número de fincas en cada municipio.

## 2.4 TAMAÑO DE LA MUESTRA.

La estimación del tamaño (n) dentro de la población total de fincas ganaderas establecidas con pasto Ángleton y Colosuana en los Municipios de Corozal y Tolú se calculó utilizando un muestreo aleatorio simple mediante la siguiente formula:

$$n = \frac{p (1 - p)}{(SE/Z)^2 + [p (1 - p)/ N]}$$

Donde,

n = número de fincas muestreadas

N = tamaño de la población

p = Proporción Máxima (0.5%)

SE = Error experimental (10%)

Z = Nivel de confianza al 90% (1.64)

### 2.4.1 Tamaño de la muestra en el municipio de Corozal.

Número total de fincas ganaderas establecidas con pasto Colosuana = 121

Número total de fincas ganaderas con pasto Colosuana a muestrear = 43

Número total de fincas ganaderas establecidas con pasto Ángleton = 68

Número total de fincas ganaderas con pasto Ángleton a muestrear = 34

Número total de fincas a muestrear en el Municipio de Corozal = 77

#### **2.4.2 Tamaño de la muestra en el municipio de Tolú**

Número total de fincas ganaderas establecidas con pasto Colosuana = 151

Número total de fincas ganaderas con pasto Colosuana a muestrear = 46

Número total de fincas ganaderas establecidas con pasto Ángleton = 73

Número total de fincas ganaderas con pasto Ángleton a muestrear = 35

Número total de fincas a muestrear en el Municipio de Tolú = 81

Numero total absoluto de fincas ganaderas a muestrear en los municipios de Corozal y Tolú = 158

### **2.5 MÉTODOS DE MUESTREO**

En las fincas ganaderas seleccionadas se realizó un muestreo representativo tomando entre 15 – 20 submuestras en forma aleatoria a una profundidad de 0 – 20 cm, tomando al tiempo suelo y raíces. Posteriormente estas submuestras se homogeneizaron para conformar una muestra de cada finca con un peso aproximado de 2 Kg., las cuales se depositaron en bolsas plásticas rotuladas con el número de la finca, ubicación y fecha de recolección. A cada finca muestreada se le diligencio un formato encuesta (Anexo B).

Las muestras que se recolectaron en cada finca ganadera seleccionada de los municipios de Corozal y Tolú, fueron divididas en dos porciones homogéneas de 1 Kg. Un kilo para la realización de análisis físico – químico y la otra parte para el respectivo análisis microbiológico.



## 2.6 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.6.1 Etapa de laboratorio

El análisis microbiológico se llevó a cabo en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Sucre de la ciudad de Sincelejo, en el cual se realizaron las siguientes actividades: Tamizado de las muestras de suelo, aislamiento de esporas de H.M.A, conteo de esporas, porcentaje de colonización, separación de morfotipos, toma de fotografías para identificación de morfotipos a nivel de géneros.

🕒 **Tamizado:** Las muestras de suelo provenientes de las diferentes fincas seleccionadas fueron tamizadas para separar partes gruesas de suelo (piedras, cascajo) y las raíces.

🕒 **Aislamiento de esporas:** una vez realizado el tamizado de cada muestra, se procedió al aislamiento de esporas, mediante la técnica propuesta por Sieverding<sup>112</sup> modificada por Pérez<sup>113</sup>. De cada muestra se tomó 100g de suelo, se depositaron en un beaker al cual se le agregó entre 200 a 300 ml de agua, se agitó por 30 minutos, posteriormente la muestra se pasó por un juego de tamices de: 425µm, 180µm, 150µm y 38µm. El contenido del tamiz de 150 µm y 38 µm se lavó dos veces y se pasó a los tubos de centrifuga, agitando dicha suspensión, a la cual se le agregó con una jeringa en el fondo de cada uno, aproximadamente 25mL de solución de azúcar al 50 %. Cada tubo se equilibró al mismo nivel de los restantes, se centrifugaron a 3500 rpm durante 5 minutos. Cada uno de los contenidos de los tubos de la centrifuga se pasaron por el tamiz de 38µm, se lavaron las esporas varias veces con agua y

---


<sup>112</sup> SIEVERDING, E. *et al.* 1983. Manual de métodos para la investigación de las micorrizas arbusculares en el laboratorio. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Cali, p. 121

<sup>113</sup> PEREZ, A. 2003. Op cit.

se pasaron a tubos de ensayo en los cuales se anoto el volumen obtenido y se rotularon con el número de la finca respectiva y fecha de procesamiento y finalmente se guardaron en nevera durante dos días. (ANEXO C)

- ④ **Conteo:** de cada tubo graduado en volumen obtenido, se tomaron 2mL los cuales se depositaron en la cámara cuenta nematodos, para su conteo respectivo. Cada conteo se realizó 3 veces por muestra, para obtener un promedio general del número de esporas en 100g de suelo por finca.
- ④ **Separación de Morfotipos:** los contenidos, después del conteo respectivo, se depositaron en cajas de petri, se observaron al estereoscopio y con la ayuda de una aguja de disección se reunieron morfotipos, teniendo en cuenta similitud en forma, color y tamaño de las esporas. Con la ayuda de una micropipeta se extrajeron las esporas y se depositaron en tubos de ensayo o eppendorf con agua estéril. Estos tubos se rotularon con el número de la finca de donde fueron aisladas la esporas y las características de cada morfotipo, y finalmente se guardaron en nevera para su posterior identificación.
- ④ **Identificación de Géneros de M.A basados en la morfología de la formación de esporas:** las esporas separadas por el método descrito por recuento de esporas fueron utilizadas y observadas en objetivos de 20X, 40X y 100X, se separaron esporas típicas de acuerdo a morfología por forma, color y tamaño con ayuda de una micropipeta, pasándolas a cajas de petri con poca cantidad de agua estéril, se agregaron dos gotas de alcohol polivinílico a cada lado de una lámina y se pasaron entre 50 a 100 esporas, con la mínima cantidad de agua posible, se colocó la laminilla y en la segunda laminilla se aplicó una presión suavemente con un lápiz para romper las paredes de la espora, se dejó secar por 5 min, se observó al microscopio y mediante claves

desarrolladas por Schenck y Pérez<sup>114</sup> modificadas por Morton e INVAM<sup>115</sup>. Se determinó el género, se tomaron fotos de las distintas esporas y los resultados fueron registrados.

-  **Porcentaje de infección:** para determinar el porcentaje de infección en cada muestra proveniente de las fincas ganaderas, se utilizaron las raíces que se separaron mediante tamizado, se cortaron aproximadamente en 1cm, se depositaron en frascos boca ancha estériles, se lavaron varias veces con agua y se procedió a su respectiva tinción, utilizando la técnica propuesta por el Sieverding<sup>116</sup> modificada por Pérez<sup>117</sup>. Esta técnica consistió en añadir a las raíces solución de KOH al 10% durante 24 horas, se lavaron tres veces para eliminar exceso de reactivo, se les agregó HCl al 1% durante 15 a 30 minutos, se lavaron tres veces las raíces con agua estéril y finalmente se agregó azul de tripán a 0.1% en Lactofenol (ANEXO D). Las raíces coloreadas por la técnica anterior, en un número de 10, se colocaron paralelamente sobre láminas, se cubrieron con cubreobjetos y se observaron al microscopio en el objetivo de 40X, realizando el conteo en 100 campos ordenadamente, en cada campo se observó y contó el número de campos negativos y positivos. Cuando el campo era positivo, se determinaba el tipo de estructura presente como: arbusculos, vesículas, hifas y esporas (ANEXO E). Para determinar el porcentaje de colonización de cada muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de colonización} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de campos infectados}}{\text{N}^{\circ} \text{ Total de campos observados (+ o -)}} \times 100$$

<sup>114</sup> SCHENCK and PEREZ. 1990. Op cit. p 17

<sup>115</sup> MORTON, Joseph *et al.* 1996. Morphological basis for glomalean taxonomy. En: Classification and identification of arbuscular mycorrhizal fungi, INVAM, First Icom Workshop (august 1 – 4,). p. 16

<sup>116</sup> SIEVERDING, E. *et al.* 1983. Op cit. p 121

<sup>117</sup> PEREZ, A. 2003. Op cit.

## 2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para interpretar las densidades de esporas / 100 gr de suelo y el porcentaje de infección en raíces para las especies de pasto Ángleton y Colosuana en los municipios de Corozal y Tolú, se realizó un análisis de varianza de dos factores por grupo y prueba de Tukey para las diferentes interacciones entre especies y municipios. (ANEXOS F y G ).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.

En el municipio de Corozal fueron muestreadas 34 fincas ganaderas establecidas con la especie de pasto Ángleton y 43 con la especie Colosuana. De acuerdo a los resultados de los análisis físico-químicos de los suelos del municipio de Corozal, se encontró que presentan un rango de pH de fuertemente ácido a moderadamente alcalino; el contenido de materia orgánica y fósforo, de bajo a muy bajo, la cantidad de K, Ca y Mg de medio a alto, la retención de humedad es de baja a media, y la textura de arcillosa en su mayoría a fina arcillosa (ANEXO H). En los suelos de estas fincas no se ha ejecutado ninguna práctica agrícola para mejorar las propiedades físico-químicas del suelo en los últimos años, principalmente su aireación, ni se realiza abonamiento. Como consecuencia dichos suelos presentan altos grados de compactación y degradación en forma general. La especie de pasto que más predomina en estos suelos es Colosuana (*Bothriochloa pertusa (L) A. Camus*) la cual presenta algunas características como son: rápida recuperación después del pastoreo, especie altamente estolonífera, alta producción de semillas, resistencia al pisoteo y buena gustosidad para el ganado.

Para el municipio de Santiago de Tolú, se muestrearon 35 fincas ganaderas establecidas con pasto Ángleton y 46 con la especie Colosuana. Según la caracterización física de los suelos de este municipio, estos presentan un rango de pH de ligeramente ácido a moderadamente alcalino. El porcentaje de P es de alto a muy alto, el contenido de materia orgánica de normal a mediano (2- 4%), los valores de Ca, Mg y K son de medios a altos, el contenido de Na es de medio a muy alto, la textura es de franco arenosa en su mayoría a franco – franco arcillosa (ANEXO I). Estos suelos están constituidos por sedimentos aluviales,

marinos o combinaciones de los dos. En algunos sectores hay sedimentos orgánicos. La actividad ganadera está concentrada en un relieve de llanura fluvio-marina, caracterizada por ser extensiones planas con desniveles minúsculos y pendientes suaves menores del 3% y relieve de pequeños valles que corresponden a áreas estrechas y alargadas en las cuales se depositan los materiales por aporte lateral o longitudinal. La especie de pasto más predominante es Ángleton (*Dichanthium aristatum*) que se caracteriza por permanecer relativamente verde en suelos con buena retención de humedad y aguantar la sequía de 3 a 4 meses, alta producción de semillas, no perjudicarle los suelos salinos y tolerar muy bien las inundaciones.

### 3.2. DENSIDAD DE ESPORAS.

En el cuadro 3 se observa que el municipio de Tolú presentó la mayor densidad de esporas asociada al pasto Colosuana (735 – 1713 esporas/100 gr. de suelo), mientras que para el pasto Ángleton los rangos oscilaron de 582 – 1448 esporas/100 gr. de suelo.

Con relación a la densidad de esporas encontradas en el municipio de Corozal, se observa que el mayor rango se presentó en el pasto Colosuana (1160 – 6233 esporas/100 gr. de suelo) mientras que para la especie Ángleton el rango fue de 444 – 2643 esporas/100 gr. de suelo (Cuadro 3)

**CUADRO 3. DENSIDAD DE ESPORAS de H.M.A POR 100 gr DE SUELO**

MUNICIPIO \ ESPECIE	ANGLETON	COLOSUANA
TOLÚ	582 – 1448	735 – 1713
COROZAL	444 – 2643	1160 – 6233

Los resultados hallados con relación a la densidad de esporas en suelos asociados a la especie de pasto Colosuana son concordantes con lo reportado por Pérez<sup>118</sup> (900 – 7300 esporas/100 gr. de suelo) en estudios realizados con este mismo pasto en el municipio de Corozal en el año 2003.

Al realizar Análisis de Varianza a densidades de espora/100 gr. de suelo para los municipios de Corozal y Tolú con la especies de pastos Ángleton y Colosuana, se encontró diferencia altamente significativa ( $P= 0,009$ ) entre los municipios, presentándose las mayores densidades en el municipio de Corozal para ambas especies de pasto (ANEXO F). Estos resultados se deben al contenido de humedad, ya que ésta influye en la cantidad de esporas presentes en los suelos. En el municipio de Corozal presentó un rango de retención de humedad de medio a bajo, mientras que para el municipio de Tolú fue de medio a alto. Estos resultados son similares a lo reportado por Guerrero<sup>119</sup> quien afirma que un déficit en el suministro de agua crea una situación adversa que estimula la producción de esporas durante la época seca y conduce a la adaptación de las micorrizas arbusculares a esa condición de estrés hídrico en el suelo, e igualmente corrobora lo planteado por Bonilla<sup>120</sup> en estudios sobre uso de hongos micorrízicos arbusculares con varias especies de cultivos comerciales en la producción agrícola realizada en el departamento del Cesar, quien señala que en época seca las plantas están bajo condición de estrés y por ende el déficit de agua estimula la producción de esporas.

### 3.3. PORCENTAJE DE INFECCIÓN (COLONIZACIÓN)

De acuerdo a los resultados del cuadro 4, con relación al porcentaje de infección en raíces para las especies de pastos Colosuana y Ángleton, en el municipio de

---

<sup>118</sup> PEREZ, A. 2003. Op cit.

<sup>119</sup> GUERRERO, E. 1996. Op cit. p 208

<sup>120</sup> BONILLA, R. 2000. Op cit. p 23

Tolú, el mayor rango de colonización en raíces se presentó en la especie Colosuana (54 – 75 %) en comparación a la especie Ángleton cuyo rango osciló entre 35 – 50 %.

En el mismo cuadro se observa que en el municipio de Corozal se encontró mayor porcentaje de infección en raíces para la especie Ángleton (68 – 82 %) mientras que para la especie Colosuana el rango fue de 45 – 76 %.

**CUADRO 4. PORCENTAJE DE INFECCIÓN DE H.M.A EN RAÍCES**

MUNICIPIO \ ESPECIE	ESPECIE	ANGLETON	COLOSUANA
TOLÚ		35 – 50	54 – 75
COROZAL		68 – 82	45 – 76

Al realizar el Análisis de Varianza para el porcentaje de infección en las especies de pastos Colosuana y Ángleton para ambos municipios, se encontró diferencia altamente significativa ( $P=0,0002$ ) entre ambos municipios. Con relación a la interacción se encontró diferencia altamente significativa entre ambas especies de pastos y municipios ( $P=0,00012$ ) y al realizar la prueba de Tukey a esta interacción se encontró diferencia altamente significativa entre el porcentaje de infección de la especie Ángleton para el municipio de Corozal con respecto al municipio de Tolú, de la especie Colosuana Tolú y Ángleton Tolú, y Colosuana Corozal y Ángleton Tolú (ANEXO G).

Los altos porcentajes de infecciones en raíces del pasto Colosuana y Ángleton hallados en Corozal son debidos a los bajos porcentajes de humedad y contenido de P y materia orgánica, los cuales son concordantes con lo expuesto por Tang<sup>121</sup> y Manjunath<sup>122</sup> quienes señalan que la baja disponibilidad de P aumenta el

<sup>121</sup> TANG, F. et al. 2001. Op cit. p 1042

<sup>122</sup> MANJUNATH, A. et al. 1989. Op cit. p 127 - 133



porcentaje de infección micorrizico en raíces de *Thyfa angustifolia* y *Leucaena* respectivamente, e igualmente a lo reportado por Alloush<sup>123</sup> en sus estudios, donde afirma que la alta colonización de micorrizas arbusculares estimulan el crecimiento de las plantas en suelos con bajo nivel de fertilidad, especialmente de P y M.O. En contraste, los resultados hallados en raíces de Colosuana y Ángleton en Tolú indican que los bajos porcentajes de infección son debidos al alto contenido de P y el porcentaje de humedad en este municipio (media – alta), similar a lo expuesto por Saif<sup>124</sup> quien señala que altos niveles de humedad reducen la colonización

En las Figuras 3 y 4 se observa que existe una relación inversa entre la densidad de esporas y el porcentaje de infección encontrado en este estudio, lo cual es concordante con lo reportado por Salamanca<sup>125</sup> en su investigación realizada en el departamento del Guaviare con las especies de pastos *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria dictyoneura* y similar a lo encontrado por Pérez<sup>126</sup> en su estudio en el departamento de Sucre con la especie de pasto Colosuana.

---

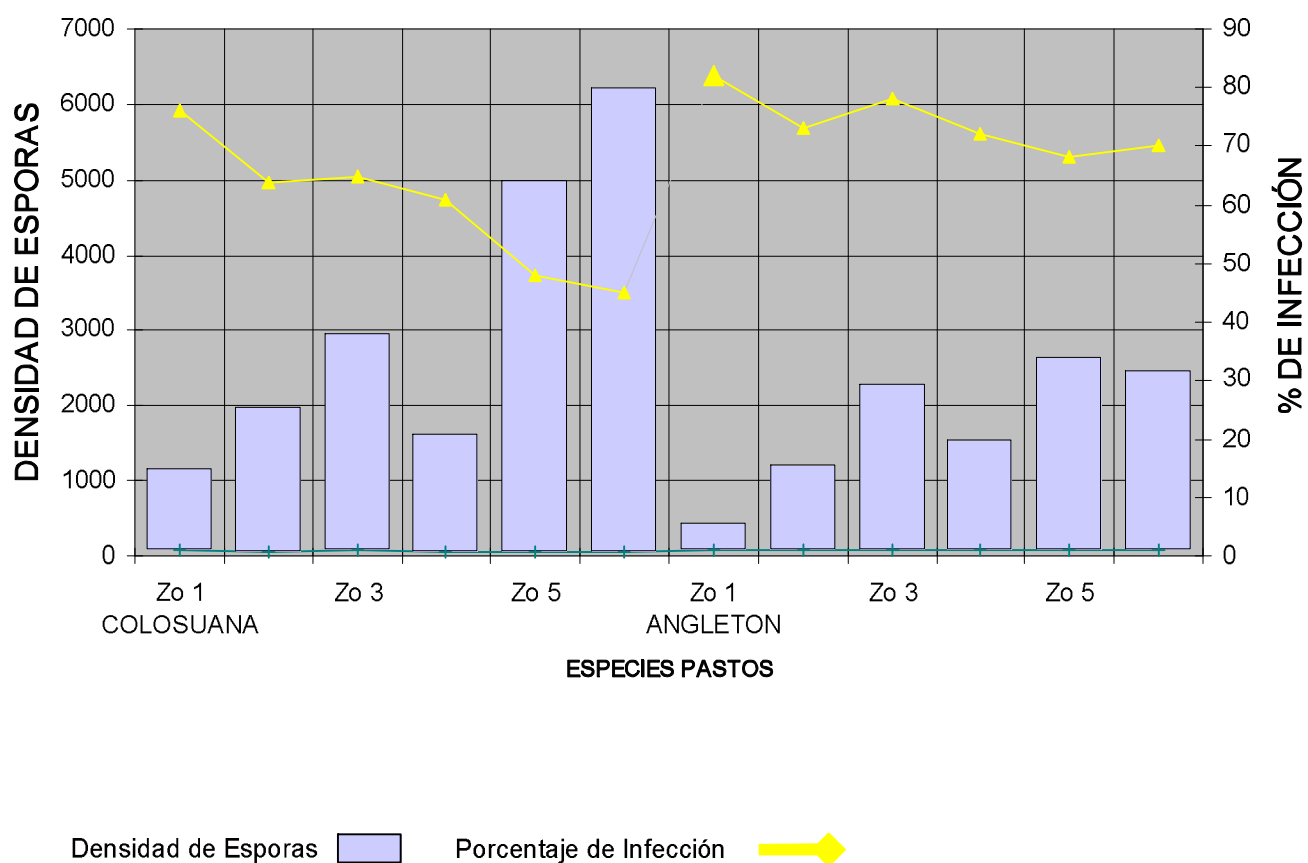
<sup>123</sup> ALLOUSH, G. A.; ZETO, S. K. and CLARK, R. B. Phosphorus source organic matter, and arbuscular mycorrhizal effects on growth and adquisition of chickepea grow in acidic soil. En: Journal of plant nutrition, 23 (9), p. 1351.

<sup>124</sup> SAIF, G. 1984. Op cit. p 309 - 327

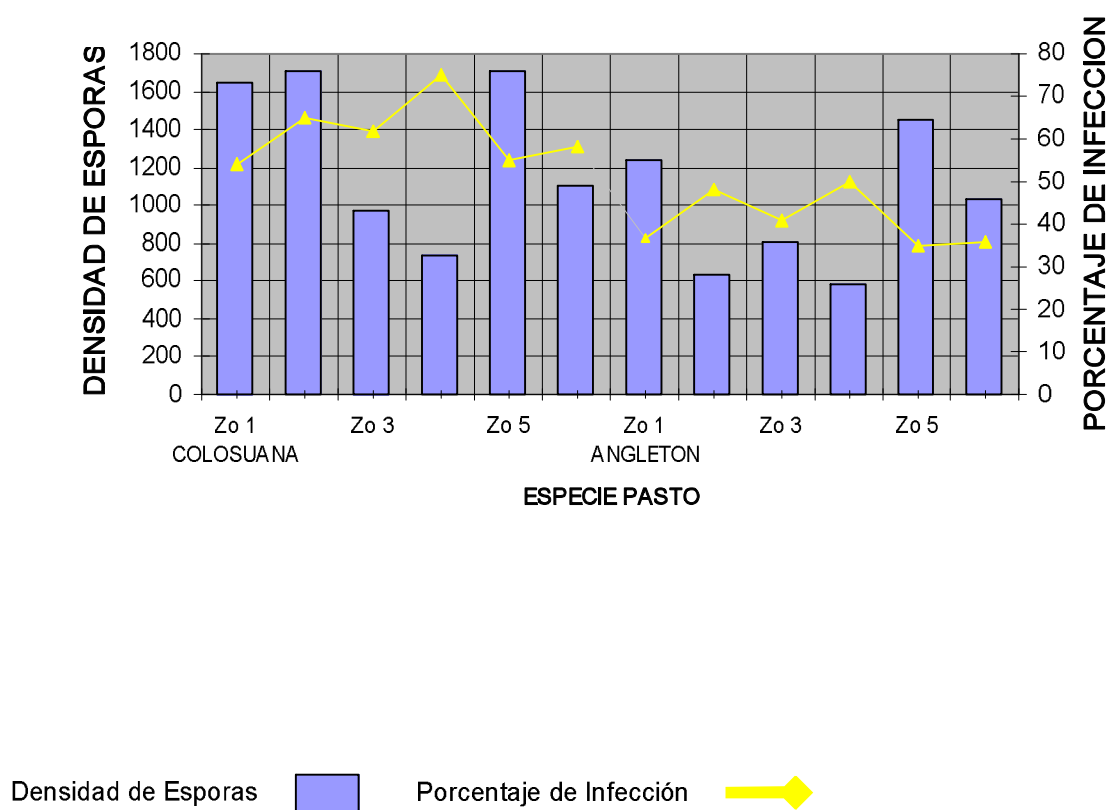
<sup>125</sup> SALAMANCA, C. 1999. Op cit. p 6 - 24

<sup>126</sup> PÉREZ, A. 2003. Op cit

**FIGURA 3. DENSIDAD DE ESPORAS Y PORCENTAJE DE INFECCIÓN PARA AMBAS ESPECIES DE PASTOS EN ZONAS DEL MUNICIPIO DE COROZAL**

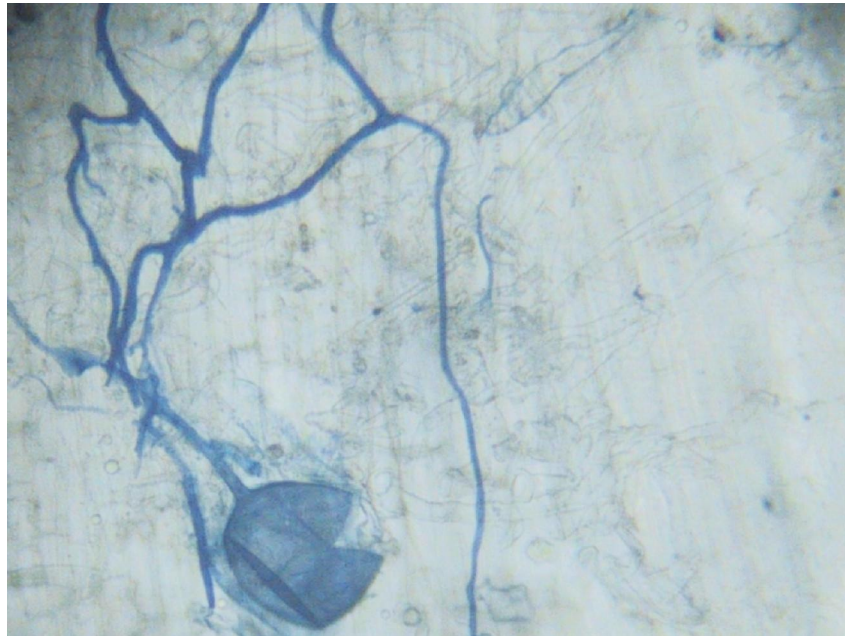


**FIGURA 4. DENSIDAD DE ESPORAS Y PORCENTAJE DE INFECCIÓN PARA AMBAS ESPECIES DE PASTO EN ZONAS DEL MUNICIPIO DE TOLÚ.**

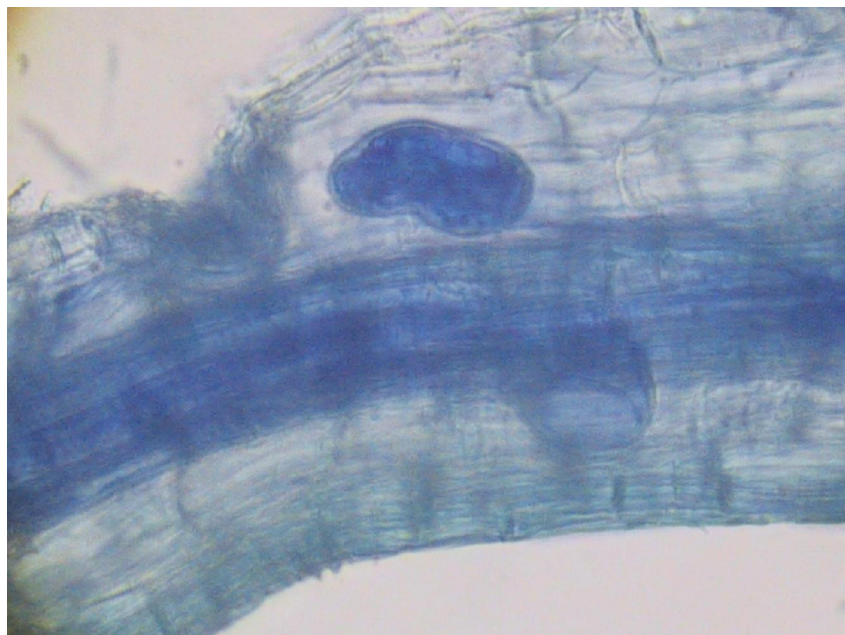


Las Figuras 5 y 6 muestran espores, vesículas e hifas representativas encontradas en las raíces de ambas especies de pasto.

**FIGURA 5. ESPORA E HIFA FORMADA DE H.M.A**




**FIGURA 6. VESÍCULA DE H.M.A**




### 3.4. MORFOTIPOS ENCONTRADOS


De acuerdo al aislamiento de esporas realizado en muestras de suelo en fincas ganaderas establecidas con pasto Ángleton y Colosuana para los municipios de Corozal y Tolú, se identificaron 32 morfotipos con características microscópicas similares (cf) a especie según Morton y Pérez<sup>127</sup>:

#### 3.4.1 Morfotipos hallados en el municipio de Tolú en las especies de pasto Colosuana (*Bothriichloa pertusa* (L) A. Camus) y Ángleton (*Dichanthium aristatum*, Benth).

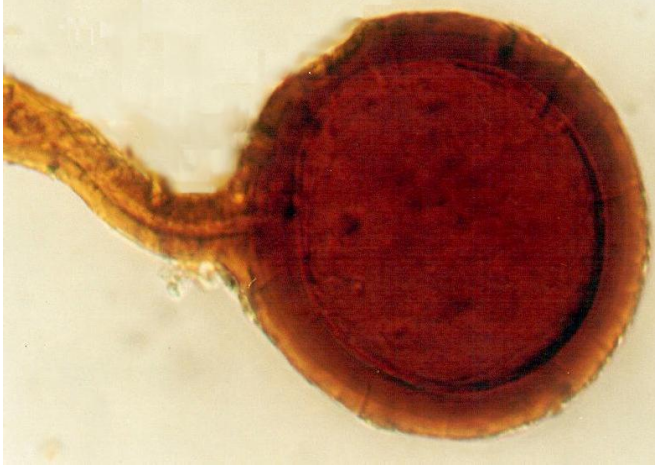
Número: Morfotipo 1.	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<b>Forma:</b> Globosa <b>Diámetro (µm):</b> 115 <b>Color:</b> Agua: Café P.V.L: Amarillo café claro <b>Contenido citoplasmático:</b> Granular-filamentoso <b>Estructura superficial:</b> Lisa <b>Composición y tipo de pared:</b> <b>Número de capas:</b> 2 capas: <ul style="list-style-type: none"> <li>Interna: amarillo claro de apariencia laminada</li> <li>Externa: amarillo oscuro de apariencia lisa</li> </ul> <b>Ancho de pared (µm):</b> 4	
<b>Ancho de la unión hifal:</b> <b>Diámetro de la hifa (µm):</b> 16.9 <b>Diámetro del poro (µm):</b> 6.8	<b>Determinación taxonómica:</b> <b>Género:</b> <i>Glomus</i> <b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus aggregatum</i> Schenck & Smith, 1985
<b>Observaciones adicionales:</b> Dos esporas unidas por conexión hifal.	

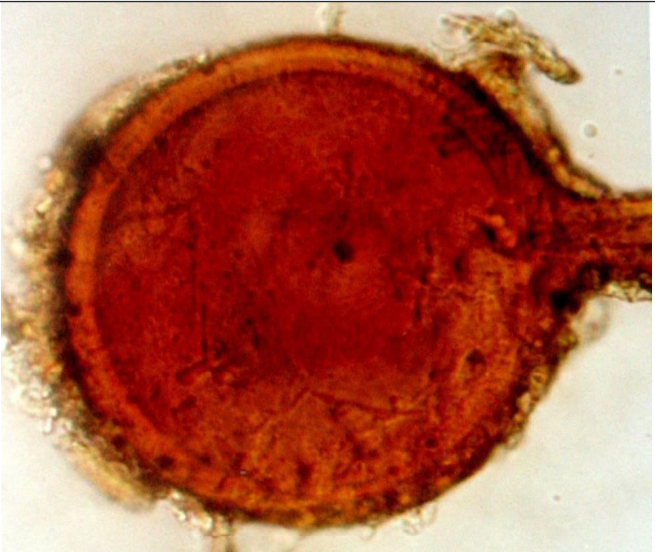
<sup>127</sup> MORTON and PEREZ. 1990. Op cit. p 192 - 207


Número: Morfotipo 2.	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 181 - 191</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo oscuro P.V.L: Café oscuro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular-filamentoso</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b> <b>Pared única de apariencia laminada</b></p> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 9.1 – 9.9</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b> <b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 20.8 y 19.5 <b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 6.5 y 3.9</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b> <b>Género:</b> <i>Glomus</i> <b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus multicaule</i> <i>Gerdeman &amp; Bakshi, 1976</i></p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Dos conexiones hifales	

Número: Morfotipo 3.	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Ovoide</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 86 x 148</p> <p><b>Color:</b> Agua: Café P.V.L: Café rojizo</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b> <b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Amarilla clara de apariencia laminada</li> <li>Amarillo oscuro de apariencia lisa</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 9.8</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b> <b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 9.9 <b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 1.65</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b> <b>Género:</b> <i>Glomus</i> <b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus fulvum</i> <i>Trappe &amp; Gerdeman, 1922</i></p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Se observó unión hifal curvada de color amarillo hialino	



Número: Morfotipo 4.	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (µm):</b> 78</p> <p><b>Color:</b> Agua: Naranja P.V.L: Café claro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Laminada</li> <li>▪ Lisa</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (µm):</b> 4.5 – 5.2</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (µm):</b> 8.5 – 9.1</p> <p><b>Diámetro del poro (µm):</b> 3.96</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus inermayanum</i> Hall, 1977</p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Hifa curvada con poro semicerrado	

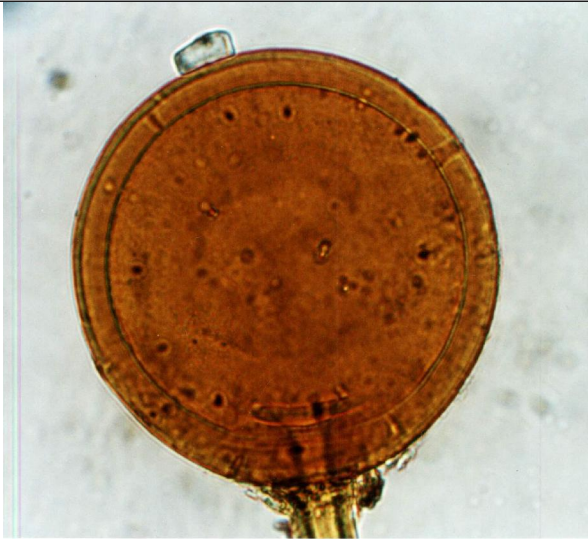
Número: Morfotipo 5.	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (µm):</b> 104</p> <p><b>Color:</b> Agua: Café P.V.L: Amarillo café claro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Globular (glóbulos – gránulos)</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Laminada</li> <li>▪ Lisa</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (µm):</b> 7.8</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (µm):</b> 18.2</p> <p><b>Diámetro del poro (µm):</b> 6.5</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus fragilistratum</i> Skou &amp; Jakobsen, 1989</p>
<b>Observaciones adicionales:</b>	


Número: Morfotipo 6.	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Ovoide</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 161.7 x 117.2</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo oscuro P.V.L: Café Miel</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Reticulado</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 1 capa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 7.8</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 11.7</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 3.5</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> <i>sp</i></p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Hifa abierta con poro semiocluido	


Número: Morfotipo 7.	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 75.4</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo P.V.L: Café Miel</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Poroso y Aceitoso</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Unica</li> <li>Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 6.5</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 3.6</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 1.3</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> <i>sp</i></p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Hifa delgada cerrada en su parte terminal. Presencia de Canales en la pared	




Número: Morfotipo 8.	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa a subglobosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 91 - 93</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo P.V.L: Café Claro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Globular</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Amarillo claro de apariencia laminada</li> <li>Amarillo café de apariencia lisa</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 4.2</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 10</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 4</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> <i>sp</i></p>
<b>Observaciones adicionales:</b>	

Número: Morfotipo 9.	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 114</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo P.V.L: Amarillo Oscuro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular con poros</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Única</li> <li>Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 7.8</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 8.6</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 3.9</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus Claroides</i> <i>Shenck &amp; Smith, 1982</i></p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Hifa abierta con poro abierto. Presencia de canales.	

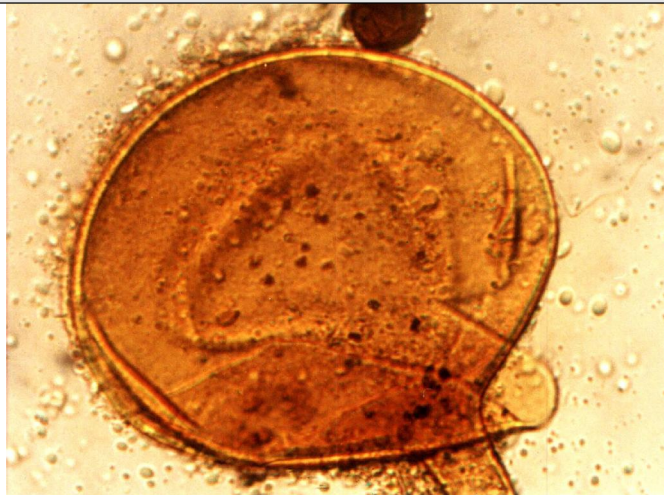
Número: Morfotipo 10	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Subglobosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 132 x 105</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo P.V.L: Amarillo café claro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Coraloide</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Porosa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lisa clara</li> <li>▪ Laminada oscura</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 5.2</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 9.1</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 4</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> <i>sp</i></p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Espora fragmentada	

Número: Morfotipo 11	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Subglobosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 82.5 x 92</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo brillante P.V.L: Amarillo claro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 1 capa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unica</li> <li>▪ Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 3.6 – 4.5</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 8.4</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 3.5</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus occultum</i> <i>Schenck &amp; Smith, 1985</i></p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Presencia de pliegues. Fragmentada. Poro ocluido en la base	


Número: Morfotipo 12	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 126</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo claro P.V.L: Amarillo café claro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Poroso - aceitoso</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lisa</li> <li>▪ Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 7.8</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 16.9</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 4.2</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus maculosum</i> Millar &amp; Walker, 1986</p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Espora fragmentada. Presencia de canales en la pared.	

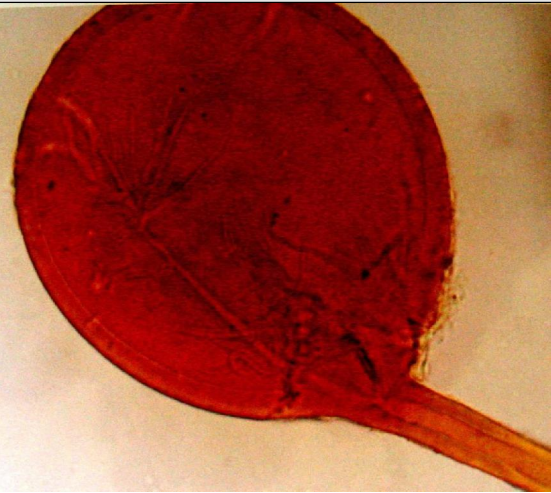
Número: Morfotipo 13	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 150 - 151</p> <p><b>Color:</b> Agua: Gris verdoso P.V.L: Amarillo verdoso</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Globular - aceitoso</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lisa evanescente</li> <li>▪ Laminada oscura</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 6</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 14.3</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 3.5</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Gigaspora</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Gigaspora albida</i> Schenck &amp; Smith, 1982</p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Se observó bulbo suspensor de 23.4 micras de apariencia hialina	




Número: Morfotipo 14	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 105</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo P.V.L: Amarillo café</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lisa</li> <li>▪ Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 7.8</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 14.3</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 4.8</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus diaphanum</i> Morton &amp; Walker, 1989</p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Espora fragmentada. Presencia de canales en la pared.	

Número: Morfotipo 15	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Subglobosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 110 - 130</p> <p><b>Color:</b> Agua: Café oscuro P.V.L: Café rojizo</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Globular - granular</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Amorfa amarilla</li> <li>▪ Laminada oscura</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 5.6</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 11.7</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 1.5</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus geosporum</i>, (Nicolson &amp; Gerdeman) Walker, 1982</p>
<b>Observaciones adicionales:</b>	


Número: Morfotipo 16	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 80</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo P.V.L: Amarillo café</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 1 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 7.0</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 8.5</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 1.2</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus etunicatum</i> Becker &amp; Gerdeman, 1977</p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Presenta manchas y canales	

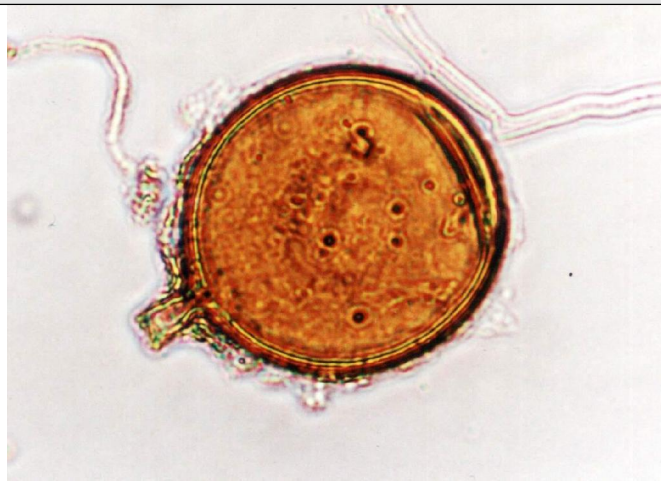
Número: Morfotipo 17	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Subglobosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 100 x 120</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo miel P.V.L: Amarillo miel oscuro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Reticulado - granular</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa y porosa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 1 capa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Laminada clara</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 7.8</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 18.1</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 5.5</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus fasciculatum</i> Gerdeman &amp; Trappe, 1974</p>
<b>Observaciones adicionales:</b>	

3.4.2 Morfotipos hallados en el municipio de Corozal en las especies de pasto Colosuana (*Bothrichloa pertusa* (L.) A. Camus) y Ángleton (*Dichanthium aristatum*, Benth).


Número: Morfotipo 1	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 158.5</p> <p><b>Color:</b> Agua: Café P.V.L: Amarillo café semioscuro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 1 capa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Única</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 6.5</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 32.5</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 13</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus aggregatum</i> Schenck &amp; Smith, Koske, 1995</p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Hifa bifurcada. Espora fragmentada	




Número: Morfotipo 2	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Elipsoide</p> <p><b>Diámetro (µm):</b> 92 x 115</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo brillante P.V.L: Amarillo Brillante</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Globular - reticulado</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unica</li> <li>▪ Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (µm):</b> 5.3</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (µm):</b> 7.2</p> <p><b>Diámetro del poro (µm):</b> 2.4</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus boreale</i> (Traxter) Trappe &amp; Gerdeman, 1922</p>
<b>Observaciones adicionales:</b>	

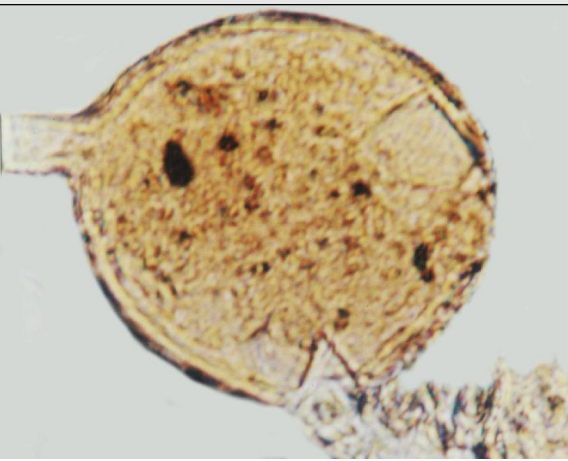
Número: Morfotipo 3	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (µm):</b> 115</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo claro P.V.L: Amarillo café claro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular-filamentoso</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Laminada</li> <li>▪ Lisa</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (µm):</b> 6.5</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (µm):</b> 9.1</p> <p><b>Diámetro del poro (µm):</b> 3.2</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus hoi</i>, Berch, S. M and Trape J. M 1985</p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Presenta un pliegue en un extremo y presenta poros	

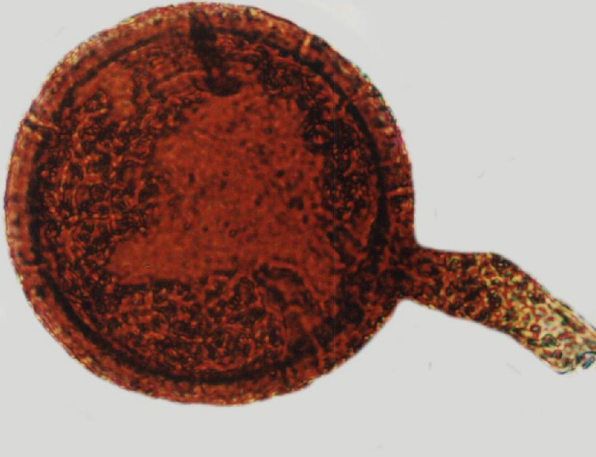
Número: Morfotipo 4	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Subglobosa</p> <p><b>Diámetro (µm):</b> 70 x 85</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo P.V.L: Amarillo café rojizo</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular - reticulado</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Evanescente Unitaria</li> <li>▪ Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (µm):</b> 3.5</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (µm):</b> 4.5</p> <p><b>Diámetro del poro (µm):</b> 1.2</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus citricola</i> <b>Tang &amp; Zang, 1984</b></p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Presencia de canales en la pared	


Número: Morfotipo 5	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Subglobosa</p> <p><b>Diámetro (µm):</b> 90 x 109</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo P.V.L: Amarillo café</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular-filamentoso</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Única</li> <li>▪ Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (µm):</b> 7.5</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (µm):</b> 22.9</p> <p><b>Diámetro del poro (µm):</b> 12.3</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus macrocarpum</i> <b>Tulasne &amp; Tulasne, 1983</b></p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Pliegues en el borde de la pared, Hifa abierta y poro abierto	





Número: Morfotipo 6	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Elipsoide</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 38 x 78</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo café P.V.L: Amarillo café oscuro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular aceitoso</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 1 capa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 3.25</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 4</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 3.1</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus taiwanensis</i> Wu &amp; Chen, 1987</p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Mancha aceitosa. Hifa curvada y delgada	

Número: Morfotipo 7	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Subglobosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 100 x 115</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo claro P.V.L: Amarillo claro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unitaria amarillo claro</li> <li>▪ Evanescente amarillo oscuro de apariencia lisa</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 3.8</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 9.2</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 4</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus leptotichum</i> Schenck &amp; Smith, 1982</p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Espora fragmentada con contenido expulsado. Poro abierto	

Número: Morfotipo 8	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 95</p> <p><b>Color:</b> Agua: Café claro P.V.L: Café oscuro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular - reticulado</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unica</li> <li>▪ Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 7.5</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 12.2</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 5.3</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus maculosum</i>, Millar &amp; Walker, 1986</p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Presencia de canales	


Número: Morfotipo 9	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 75</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo P.V.L: Naranja</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular - coraloide</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Laminada</li> <li>▪ Unitaria</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 8</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 10.8</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 3.8</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus inermayanum</i> Hall, 1977</p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Presencia de canales. Hifa semicurva	


Número: Morfotipo 10	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 88</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo P.V.L: Amarillo Oscuro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Ornamentada</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 1 capa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Evanescente a laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 7.2</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 7.8</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 3.2</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus claroides</i> <b>Schenck &amp; Smith, 1982</b></p>
<p><b>Observaciones adicionales:</b> Hifa abierta con poro ocluido. Presencia de glóbulos aceitosos y pliegues.</p>	


Número: Morfotipo 11	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 250</p> <p><b>Color:</b> Agua: Hialina a amarillo claro P.V.L: Amarillo claro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 1 capa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apariencia laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 5.0</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 1.39</p> <p><b>Diámetro del poro (<math>\mu\text{m}</math>):</b> 0.5</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Gigaspora</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Gigaspora rosea</i> <b>Nicolson &amp; Schenck, 1979</b></p>
<p><b>Observaciones adicionales:</b> Bulbo suspensor de color hialino entre 30 – 35 micras</p>	



Número: Morfotipo 12	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (µm):</b> 105</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo P.V.L: Amarillo Oscuro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular - coraloide</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Unica</li> <li>Laminada evanescente</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (µm):</b> 7.5</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (µm):</b> 12.8</p> <p><b>Diámetro del poro (µm):</b> 6.2</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus fragilistratum</i> Skou &amp; Jakobsen, 1989</p>
<b>Observaciones adicionales:</b>	

Número: Morfotipo 13	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Globosa</p> <p><b>Diámetro (µm):</b> 165</p> <p><b>Color:</b> Agua: Hialina Amarillo P.V.L: Amarillo Verdoso</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular - globular</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 1 capa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (µm):</b> 4</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (µm):</b> 15</p> <p><b>Diámetro del poro (µm):</b> 4</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Gigaspora</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Gigaspora albida</i> Schenck and Smith, 1982</p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Las medidas se hicieron con la espora fragmentada. Se observó bulbo suspensor con 22 micras de diámetro.	

Número: Morfotipo 14	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Elipsoide</p> <p><b>Diámetro (μm):</b> 85 x 120</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo café P.V.L: Amarillo naranja</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Globular filamentoso</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 1 capa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (μm):</b> 6.5</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (μm):</b> 6.6</p> <p><b>Diámetro del poro (μm):</b> 1.5</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus fulvum</i> <i>Trappe and Gerdeman, 1922</i></p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Se observó poro ocluido.	

Número: Morfotipo 15	OBJ 40 X OC 10X
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPORA:</b>	
<p><b>Forma:</b> Elipsoide</p> <p><b>Diámetro (μm):</b> 70 x 90</p> <p><b>Color:</b> Agua: Amarillo café P.V.L: Amarillo café oscuro</p> <p><b>Contenido citoplasmático:</b> Granular</p> <p><b>Estructura superficial:</b> Lisa</p> <p><b>Composición y tipo de pared:</b></p> <p><b>Número de capas:</b> 2 capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unitaria</li> <li>▪ Laminada</li> </ul> <p><b>Ancho de pared (μm):</b> 7.5</p>	
<p><b>Ancho de la unión hifal:</b></p> <p><b>Diámetro de la hifa (μm):</b> 8.6</p> <p><b>Diámetro del poro (μm):</b> 1.6</p>	<p><b>Determinación taxonómica:</b></p> <p><b>Género:</b> <i>Glomus</i></p> <p><b>Especie:</b> Características similares a <i>Glomus microcarpum</i> <i>Morton and Rodecker, 2001</i></p>
<b>Observaciones adicionales:</b> Se observó poro ocluido.	

De los 17 morfotipos de H.M.A aislados en el municipio de Tolú asociados a las especies de pasto Colosuana y Ángleton, el 94.1% corresponde al género *Glomus* y 5.9% corresponde al género *Gigaspora* (Figura 7a). Para los 15 morfotipos de H.M.A aislados en el municipio de Corozal asociados a las mismas especies de pasto, el 86.6% pertenece al género *Glomus* y 13.4% corresponde al género *Gigaspora* (Figura 7b). Para el municipio de Tolú, de acuerdo a los resultados, los morfotipos que más predominaron en ambas especies de pasto fueron: Morfotipos 1, 4, 5, 11, 12, 13, 17. (Cuadro 5). En relación al municipio de Corozal, los morfotipos que predominaron en ambas especies fueron: Morfotipos 3, 9, 14 (Cuadro 6). Todo esto indica que existe menor diversidad de géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares asociados a la especie *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus y *Dichantium aristatum*, Benth; pero por las características de los morfotipos se demuestra que existe una gran diversidad de especies del género *Glomus* y son concordantes estos resultados con lo planteado por AHN-HEUM<sup>128</sup>, quien afirma que el pastoreo continuo produce disminución de la diversidad de micorrizas arbusculares e incrementa la tolerancia y adaptación de ciertas especies a estas condiciones.

Los morfotipos comunes en ambos municipios fueron: *G. aggregatum*, *G. maculosum*, *G. inermayanum*, *G. fragillistratum*, *G. claroides*, *G. fulvum* y *Gigaspora albida*

---

<sup>128</sup> AHN-HEUM Eon. 2001. Op cit. p 233 - 242

## FIGURA 7. PORCENTAJES DE GÉNEROS DE H.M.A EN LOS MUNICIPIOS DE TOLÚ Y COROZAL

FIGURA 7a. PORCENTAJE DE GENEROS DE H.M.A AISLADOS EN EL MUNICIPIO DE TOLU

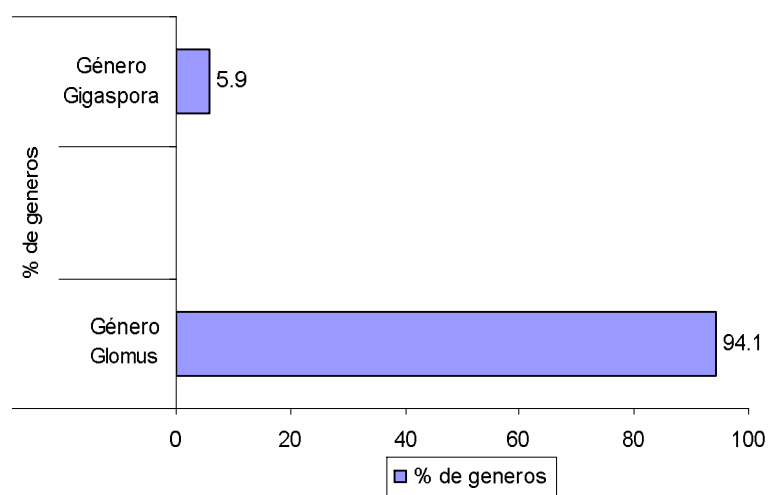
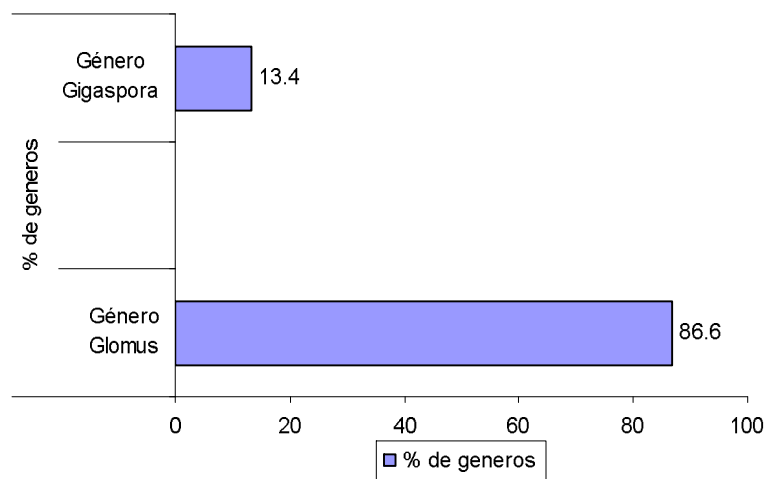


FIGURA 7b. PORCENTAJE DE GENEROS DE H.M.A AISLADOS EN EL MUNICIPIO DE COROZAL



**CUADRO 5. DISTRIBUCIÓN DE MORFOTIPOS POR ESPECIE DE PASTO EN  
EL MUNICIPIO DE TOLÚ**

MORFOTIPOS	ÁNGLETON	COLOSUANA
1. <i>Glomus aggregatum</i>	X	X
2. <i>Glomus multicaule</i>	X	
3. <i>Glomus fulvum</i>		X
4. <i>Glomus inermayanum</i>	X	X
5. <i>Glomus fragilistratum</i>	X	X
6. <i>Glomus sp.</i>	X	
7. <i>Glomus sp.</i>	X	
8. <i>Glomus sp.</i>	X	
9. <i>Glomus claroides</i>	X	
10. <i>Glomus sp.</i>		X
11. <i>Glomus occultum</i> ,	X	X
12. <i>Glomus maculosum</i>	X	X
13. <i>Gigaspora albida</i>	X	X
14. <i>Glomus geosporum</i> .	X	
15. <i>Glomus etunicatum</i>	X	
16. <i>Glomus diaphanum</i>	X	
17. <i>Glomus fasciculatum</i>	X	X

**CUADRO 6. DISTRIBUCIÓN DE MORFOTIPOS POR ESPECIE DE PASTO EN  
EL MUNICIPIO DE COROZAL**

MORFOTIPOS	ÁNGLETON	COLOSUANA
1. <i>Glomus aggregatum</i>		X
2. <i>Glomus boreale</i>		X
3. <i>Glomus hoi</i>	X	X
4. <i>Glomus citricola</i>		X
5. <i>Glomus macrocarpum</i>		X
6. <i>Glomus taiwnensis</i>		X
7. <i>Glomus leptotichum</i>		X
8. <i>Glomus maculosum</i>		X
9. <i>Glomus inermayanum</i>	X	X
10. <i>Glomus claroides</i>		X
11. <i>Gigaspora roseae</i>		X
12. <i>Glomus fragilistratum</i>		X
13. <i>Gigaspora albida</i>	X	
14. <i>Glomus fulvum</i>	X	X
15. <i>Glomus microcarpa</i>		X



## CONCLUSIONES

Se aislaron 32 morfotipos de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares de fincas ganaderas establecidas con las especies de pasto Colosuana y Ángleton, predominando en su mayoría el género *Glomus* en los municipios de Corozal y Tolú (86.6% y 94.1% respectivamente). Este estudio contribuye de manera significativa al conocimiento de la diversidad biológica de microorganismos del suelo bajo las condiciones edafoclimáticas de estos dos municipios.

La densidad de esporas/100 gramos de suelo reportadas para el municipio de Corozal fue altamente significativa, oscilando en rangos de 6233 – 1160 esp/100gr de suelo para la especie Colosuana y 2643 – 444 esp/100gr de suelo para la especie Ángleton.

La prueba de Tukey demostró que existe diferencia altamente significativa entre el porcentaje de infección de la especie Ángleton en el municipio de Corozal (68 – 82 %) con respecto a la del municipio de Tolú (35 – 50 %), de la especie Colosuana Tolú (54 – 75%) y Ángleton Tolú, y Colosuana Corozal (45 – 76%) y Ángleton Tolú.

Los morfotipos mas comunes en ambos municipios fueron *G. aggregatum*, *G. maculosum*, *G. inermayanum*, *G. fragilistratum*, *G. claroides* y *Gigaspora albida*

## RECOMENDACIONES

Considerando los morfotipos aislados de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares identificados a nivel de género asociados a las especies de pasto Colosuana y Ángleton en los municipios de Corozal y Tolú, se plantean las siguientes recomendaciones para las zonas de estudio:

1. Adelantar estudios exploratorios de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares asociadas a estas mismas especies de pastos en otras regiones de la Costa Atlántica.
2. Realizar estudios sobre Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares micorrizas en épocas de lluvia y sequía y distintos sistemas de pastoreo.
3. Multiplicar en invernadero los distintos morfotipos de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares identificados en este estudio para crear un banco de esporas y utilizarlos en pruebas de eficiencia.
4. Realizar pruebas de eficiencia de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares con parámetros productivos para las especies de pasto Colosuana y Ángleton en el municipio de Tolú y Ángleton en el municipio de Corozal.
5. Capacitar a asesores técnicos de empresas ganaderas sobre el beneficio, producción, uso y conservación de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares como alternativa biológica para mejorar las condiciones físico - químicas de los suelos.

## BIBLIOGRAFÍA

AHN-HEUM Eon; GAIL, Wilson and HARTNETT, David. 2001. Effect of ungulate grazer on arbuscular mycorrhizal symbioses and fungal community structure in tall grass prairie. En: Mycología 93 (2),. p. 233 – 242.

ACUÑA, REYES ALEXANDRA. 1998. Monografía. Potencial de interacción de Micorrizas arbusculares en sistema de producción del cultivo de la papa en Colombia.

ALLOUSH, G. A.; ZETO, S. K. and CLARK, R. B. Phosphorus source organic matter, and arbuscular mycorrhizal effects on growth and acquisition of chickpea grow in acidic soil. En: Journal of plant nutrition, 23 (9), p. 1351.

ALMEIDA, R.T. DE FREIRE. 1985. Infección de micorrizas (M.V.) en gramíneas y leguminosas herbáceas y arbustivas en dos suelos del estado de Ceara. Ciencias Agronómicas (6(1); 69-73 Pt. Sem.)

AZCÓN G. Concepción y BAREA, 1980. José Miguel. Micorrizas. En: Investigaciones y ciencias. Volumen 47. p. 8.

AZCÓN Concepción, GUERRERO Eduardo, et al. 1996. Micorrizas Recurso biológico del suelo. Fondo FEN, Colombia, p. 7-39.

BAGO, Berta. AZCÓN de AGUILAR, Concepción y PICHE, Yves. 1998. Applied and Microbiology, American society for microbiology. p52-62.

BAGYARAJ, Joseph. Ecology of vesicular – arbuscular mycorrhizae. 1991. En: AURORA, Dilip *et al*. Handbook of applied mycología soil and plants. Vol. 1. New York: Marcel Dekker Inc. p. 13 – 14.

BAREA, J. M. 2002. Rhizosfera and mycorrhizal of frield crops. En: BALAZS, E., *et al*. Biological resource management connecting. Science and policy, Springer, España, 91 p

\_\_\_\_\_ 1990. Micorrizas vesículo-arbusculares. En: CASADEUS, Joseph y RUÍZ, Francisco. Microbiología. Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla. Serie Manuales Universitarios. Sevilla. 278 p.

\_\_\_\_\_ 1997. Biología de la rhizosfera. En: Investigaciones y ciencias. Junio,. 9 p.

BAREA, S; AZCON de AGUILAR, C Y ROLDAN FAJARDO, B. 1984. Formación y funcionamiento de las (M.V.A.) y su efecto en al nutrición de las plantas

BOLAN. N. S. 1991. A critical on the role of. Mycorrhizal, Fungi in the uptake of phosphorus by plant, Plant and soil, 134, pp 189 – 207.

BONILLA B., Ruth. 2000. Utilización de hongos micorrizógenos en la producción agrícola. CORPOICA, regional 3. Boletín de investigaciones, Valledupar. p. 23.

BOTERO L, María Catalina. 1998. Influencia de las micorrizas arbusculares sobre el crecimiento del Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K. *Subsp acuminata*) en tres suelos diferentes de Colombia. Santafé de Bogotá. 90 p. Tesis (Maestría en Microbiología). Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias. Departamento de Ciencias Biológicas

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1984. Microbiología de suelos En: Programa de pastos tropicales, informe anual. Cali, Colombia p. 153-175

CHAMORRO, David. 1994. Informe final de investigaciones en forrajes tropicales. CORPOICA. Grupo Regional Pecuario. p. 131.

CHECA, E. J. 1986. Establecimiento y Manejo de Pasto y Forraje. Tema de Orientación Agropecuaria. 4<sup>ta</sup> Edición. Bogotá. p 92 – 99.

CORWELL, William; BEDFORD, Barbara and CHAPIN, Carmen. 2001. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in a phosphorus poor wetland and mycorrhizal response to phosphorus fertilization. En: American Journal of Botany 88 (10), p. 1824.

DANE. Encuesta Nacional Agropecuaria, resultados 1995, Costa Atlántica, 1996, p. 16.

DILIP, Aurora, B. H., Arat. RAY, U. G. Murkeji, and GUY. R. Vindren. 1991. Handbook of Applied Mycology Soil and Plant, Vol I, Dekker, Inc. New York.

ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA. Producción agrícola 2. Colombia: Editores Terranova, 1995. p. 359

GALLO, Jorge; CHAMORRO, Diego y VANEGAS, Miguel. 1998. Principales gramíneas en la zona del valle cálido del Alto Magdalena. En: Boletín de Investigaciones CORPOICA. Tolima, Regional 6. p. 116.

GONZÁLEZ CORTÉZ, Alejandro. 1996. Las micorrizas como biofertilizantes en la agricultura. En: Curso cultivo e investigación del chontaduro, CORPOICA. Nariño, mayo 21 – 23 –. 208 p. ISBN 958-9129-37-4.

GUERRERO, Eduardo. 1996. Micorrizas. Recursos biológicos del suelo. Fondo Fen. Bogotá.

HOWELER, R.H. 1983. La función de las micorrizas vesiculo arbusculares en la nutrición fosfórica de la yuca en suelos ecuatoriales, Vol. 3 N° 2. PP 51 - 65.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1996. Programa de Pasto y Forraje. Informe Anual de Progreso.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Estudio general de suelos y zonificación de tierras, departamento de Sucre, 1998. p. 118.

JEFFRIES, P. and BAREA, José. 1999. Arbuscular Mycorrhiza a key component of sustainable plant – soil ecosystems. En: The mycota IX, fungol associations. Edition Hock. 113 p.

MANJUNATH, A.; HUE, N. V. and HABTE M. 1989. Response of leucaena leucacephala to vesicular – arbuscular mycorrhizal colonization and rock phosphate fertilization in an oxisol En: Plant and Soil. p. 127 – 133.

McMILLEN, BG; JUNIPER, S; ABBOT, LK. 1998. Inhibition of hyphal growth of a vesicular arbuscular mycorrhizal cantaining sodium chloride of infection from fungus in soil limits the spread spores. 30 (13). p. 1639 – 1646.

MERGULHAO, Aces; BURUTY, H. A.; TABOSA, J. N.; FIGUEIREDO M. V. A.; MAJA, L. C. 2001. Salt stress response of *Brachiaria* plants with and without inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi. En: Agrochimica. 45 (1-2). p. 24 – 31.

MIRANDA, J. CC: 1981. Presencias de endomicorrizas nativas en un suelo del cenado del distrito federal e influencia de estos en la absorción de fósforo por *Brachiara decumbens*. Revista Brasileira de Ciencia do Suelo 5 (2): 100-105.

MORTON, J. B. 1990. Evolucionary relation hips among arbuscular mycorrhizal fungi in the endogonaceae. En: Mycologia, 82(2). p. 192.

MORTON, Joseph *et al*. 1990. Classification and identification of arbuscular mycorrhizal fungi. INVAM: Florida. First ICOM Worksho,. p. 24

MORTON, Joseph *et al*. 1996. Morphological basis for glomalean taxonomy. En: Classification and identification of arbuscular mycorrhizal fungi, INVAM, First Icom Workshop (august 1 – 4,). p. 16

MORTON, J. B. and BENNY, G. L. 1990. Revised classification or arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes) a new orden, Glomales, Two suborders, Glominaceae y Gigasporinaceae, and families, Acaulosporaceae AND Gigasporaceae, wthy and amendation of Glomaleceae En: Rewiew Mycotaxon, (37). p. 192 – 207.

MORTON, Joseph B.; and REDECKER, Dirk. 2001. Two new families of Glomales, Archaesporaceae and Paraglomaceae, with two new genera *Archaespora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters En: Mycologia, 93(1), p. 181.

MOSSE, B. 1991. Advances in the study of VAM Annual rev. Phytopathology. (11). p. 171 – 196.

PEREZ, A. 2003. Eficiencia de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (H.M.A.) Nativos, asociados a la producción de forraje en la especie de pasto Colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L) a. Camus) en el municipio de Corozal, departamento de Sucre.

PICONE, Chris. 2000. Diversity and abundance of arbuscular – mycorrhizal fungus spores in tropical forest and pasture En: Biotropica 32(4a), p. 734-750.

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. 2002. Diagnóstico del Municipio de Corozal, Departamento de Sucre. p 1-5.

PEROZA, Pavel y JIMÉNEZ, Wimber. 1998. Eficiencia de micorrizas arbusculares (M.A.) en arroz (*Oryza sativa* L.) de secano mecanizado en suelos de Córdoba, Sucre y Antioquia. p. 6 – 7. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Córdoba, Montería.

ROLDÁN, Fajardo y BAREA, José. 1987. Micorrizas en árboles y arbustos. En: Anales de edafología y agrobiología. Tomo XLVI; No. 1 – 2. Madrid, p. 229

SAIF and DUNIWAY, J. M. 1991. Evaluation of plant response to colonization by vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi, environmental variables. En: SCHENCK, N. C. Methods and Principles of mycorrhizal research. Florida: Third printing, APS, Press. p.78.

SAIF, G. R. 1984. Respuesta de plantas forrajeras tropicales a las aplicaciones de roca fosfórica y micorrizas en un suelo oxisol no esterilizado. En: RICALDI, V. y ESCALERA, S. La roca fosfórica. Cochabamba, Bolivia. p. 309-327. ISBN 0-89054-158-2.



SALAMANCA, Carmen. 1999. Las micorrizas como estrategias de Mejoramiento nutricional de pasturas y especies frutales en el Departamento del Guaviare. Corpoica, boletín técnico N° 20, p 6- 24.

SÁNCHEZ, Marina. 1999. Endomicorrizas en Agroecosistemas Colombianos. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, p 33-82.

SCHENCK and PEREZ, Yvonne. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. Tercera Edición. USA: Synergistic Publications,. p. 17.

SIERRA, O., *et al.* 1986. Observaciones sobre colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L) Camus) en la Costa Atlántica de Colombia En: Pasturas Tropicales, CIAT 8 (1), P. 6-9.

SIEVERDING, E. *et al.* 1983. Manual de métodos para la investigación de las micorrizas arbusculares en el laboratorio. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Cali, p. 121

\_\_\_\_\_. 1984. Aspectos básicos de la investigación de las micorrizas vesículo arbusculares. En: Investigación sobre micorrizas en Colombia. Memorias sobre el primer curso nacional sobre micorrizas. Universidad Nacional de Colombia. Febrero, 1984. p. 9

\_\_\_\_\_. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizal management in Tropical agrosystems, technical cooperation Federal Republic. Germany. p. 20 – 22.

SYLVIA, D. M. FUHRMANN, J., HARTEL, P. and ZUBERER, D. 1999. Principles and Applications of Soil Microbiology. Prentice Hall, New Jersey. p 408-425.

TANG, F; WHITE, J. and CHARVAT, I. 2001. The effect of phosphorus availability on arbuscular mycorrhizal colonization of *typha angustifolia*. En: Mycologia, 93 (6), p. 1042.

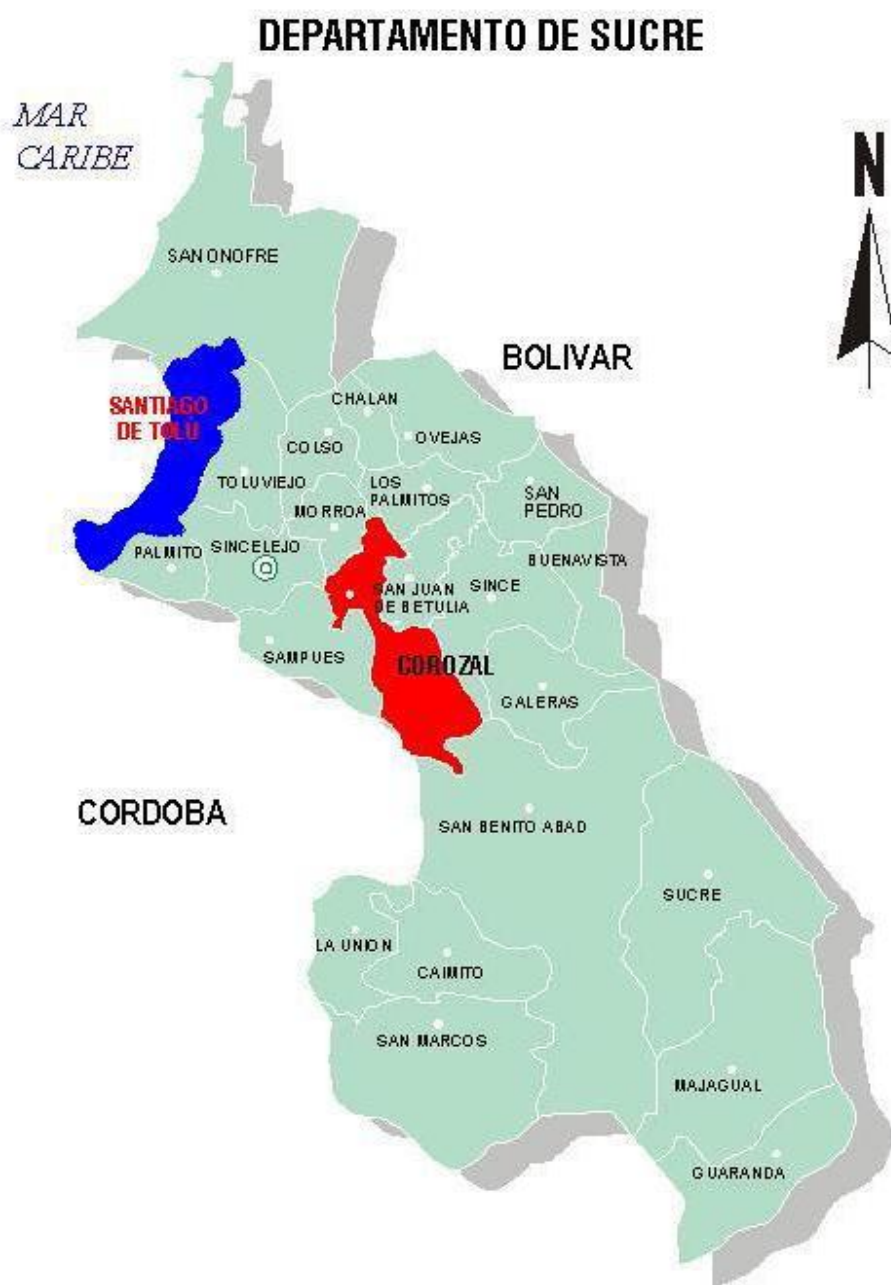
VALLEJO, Álvaro & ZAPATA, Fredy. 1998 – 2000. Especies forrajeras Agosoft Ltda., Medellín Colombia, p 1-8

WALKER, C. 1990. Systematic and taxonomy of the arbuscular endomycorrhizal fungi (Glomales) a possible way forward for review agronomies. (12). p. 887 – 897.

WHETTEN, R. and ANNE J., A. 1992. Theoretical considerations in the commercial utilization of mycorrhizal fungi.. En: ARORA, Dilip; ELANDER, Richard and MUKERSI, K. G. Handbook of applied mycology. Fungal Biotechnology. Vol. 4. New York: Marcel Dekker, Inc. 1114 p. ISBN 0-8247-8501-0.

WOOD, Tim. VA mycorrhizal fungi: Challenges for comercialization En: AURORA, Dilip; ELANDER, R. and MUKERJI. 1992. Handbook of applied mycological biotechnology. Vol 4, Marcel Dekker, Inc. New York,. 1114 p. ISBN 0-8247-8501-0.

ANEXO A. MAPA DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE, MUNICIPIOS DE  
COROZAL Y TOLÚ



**ANEXO B. FORMULARIO ENCUESTA PARA APLICAR A FINCAS GANADERAS DEL MUNICIPIO DE COROZAL, DEPARTAMENTO DE SUCRE**

FECHA \_\_\_\_\_ FORMULARIO N° \_\_\_\_\_

Municipio \_\_\_\_\_ Vereda \_\_\_\_\_ Corregimiento \_\_\_\_\_

Finca \_\_\_\_\_ N° de Has \_\_\_\_\_ Propietario \_\_\_\_\_

**Dedicación:** Agrícola ☐ Ganadería ☐ Otras \_\_\_\_\_

**Topografía:** Plana ☐ Ondulada ☐ Quebrada ☐ Erosión ☐

drenaje ☐ meses de lluvia \_\_\_\_\_

Áreas en pasto \_\_\_\_\_ Especies sembradas \_\_\_\_\_

Áreas en colosuana \_\_\_\_\_ Edad del cultivo \_\_\_\_\_

**PROBLEMAS SANITARIOS**

Insectos plagas \_\_\_\_\_

Enfermedades \_\_\_\_\_

Malezas predominantes \_\_\_\_\_

**AGROQUÍMICOS UTILIZADOS**

Nombre	Dosis	Fecha de aplicación
--------	-------	---------------------

_____	_____	_____
-------	-------	-------

_____	_____	_____
-------	-------	-------

**FERTILIZANTES APLICADOS**

Nombre	Dosis	Fecha de aplicación
--------	-------	---------------------

_____	_____	_____
-------	-------	-------

_____	_____	_____
-------	-------	-------

**ANEXO C. Método cuantitativo para el recuento de esporas de Micorrizas arbusculares en el suelo.**

1. La muestra debe ser de suelo reciente o guardado en la nevera a 4°C
2. De la muestra se toma una submuestra para determinar el peso seco del suelo
3. Mezclar 100 gramos de suelo con 500 ml de agua en un beaker, agitar durante 20 minutos.
4. Vaciar en un juego de tamices de 400 [m, 180[m, 150[m y 38[m.
5. Lavar el contenido de los tamices con agua corriente por 10 minutos.
6. Pasar el contenido de los tamices de 150 [m y 38[m a los tubos de centrífuga de 100ml.
7. Agitar la suspensión en el tubo de centrifuga.
8. Inyectar con una jeringa o embudo en el fondo del tubo 20 a 25 ml de solución de azúcar al 50%.
9. Centrifugar a 3500 rpm durante 5 minutos
10. Separar rápidamente las esporas que se encuentran formando una capa en la superficie de la solución de azúcar, pasándolo por el tamiz de 38[m.
11. Lavar las esporas con agua corriente.
12. Pasar las esporas a un tubo de ensayo, rotularlo con el volumen obtenido y pasar a cámara de conteo.

**ANEXO D. Procedimiento de coloración de raíces para detección de micorrizas arbusculares.**

1. Separar las raíces del suelo.
2. Lavarlas y cortarlas en segmentos de 1 cm aproximadamente.
3. Colocarlas en un beaker asegurándose de tomar de varios sitios y evitar de excederse en la cantidad para que las soluciones circulen libremente.
4. Añadir la solución de KOH al 10% en agua destilada, dejándola toda la noche a temperatura ambiente. Si las raíces son claras se requiere de menos tiempo; si tienen muchos pigmentos calentar por 10 minutos a 60 – 70°C
5. Lavar con agua 3 veces eliminando todo el KOH
6. Aplicar HCl al 1% agitando para que se neutralice el KOH, hasta que las raíces tomen un color blanco. Dejarlas entre 5 – 10 minutos y lavar con agua.
7. Agregar azul de tripán al 0.1% en lactofenol o fucsina ácida al 0.02% en lactoglicerol.
8. Dejar las raíces de 1 a varios días en colorante
9. Agregar lactofenol para extraer el exceso de colorante y para preservar las raíces.
10. Montar las raíces en agua en lámina y observar al microscopio.

**ANEXO E. Técnica para la determinación del porcentaje de infección de micorrizas arbusculares.**

1. Tomar las raíces coloreadas (procedimiento Anexo D) y mezclarlas suavemente
2. Colocarlas paralelamente sobre una lámina los fragmentos de raíces.
3. Cubrir con un cubreobjetos y observar al microscopio en 40X, contando 100 campos en orden.
4. Los resultados se obtendrán a través de:

$$\% \text{ de infección} = \frac{\text{Nº de campos infectados}}{\text{Nº total de campos observados}} \times 100$$

## ANEXO F. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DENSIDAD DE ESPORAS

### *Análisis de Varianza para Densidad de Esporas*

	<i>TOLÚ</i>	<i>COROZAL</i>
<b>COLOSUANA</b>	1644	1159.8
	1707.8	1991.2
	972.7	2951
	735.3	1627.8
	1712.8	4999.4
	1105.7	6233
<b>ANGLETON</b>	1234.3	444.3
	635.3	1204
	811.4	2282
	581.5	1533.2
	1447.6	2643
	1038.2	2462

### *Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo*

P≤0.05 Significativo

P≤0.01Alta/ Significativo

<i>RESUMEN</i>	<i>TOLÚ</i>	<i>COROZAL</i>	<i>Total</i>
<b>COLOSUANA</b>			
Cuenta	6	6	12
Suma	7878.3	18962.2	26840.5
Promedio	1313.05	3160.36667	2236.708333
Varianza	183557	4116986.37	2885495.564
<b>ANGLETON</b>			
Cuenta	6	6	12
Suma	5748.3	10568.5	16316.8
Promedio	958.05	1761.41667	1359.733333
Varianza	117972	727321.138	560241.8788
<b>Total</b>			
Cuenta	12	12	
Suma	13626.6	29530.7	
Promedio	1135.55	2460.89167	
Varianza	171429	2735701.9	



### ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>S. de cuadrados</i>	<i>libertad</i>	<i>X cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>V. Cr. F</i>
Muestra	4614510.904	1	4614510.9	3.586986197	0.07278971	4.35125003
Columnas	10539183.2	1	10539183.2	8.192396866	0.00963138	4.35125003
Interacción	1634747.404	1	1634747.4	1.270734103	0.27297227	4.35125003
Dentro del grupo	25729181.27	20	1286459.06			
Total	42517622.78	23				

Valores Promedio Para Densidades de Esporas	
Municipio - especie	X
Tolú - Colosuada	1313.05
Corozal - Colosuada	3160.36667
Tolú – Ángleton	958.05
Corozal - Ángleton	1761.41667

## ANEXO G. ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY PARA PORCENTAJE DE INFECCIÓN

### *Análisis de Varianza para Porcentaje de Infección (Colonización)*

	<i>Valores Transformados al arcoseno</i>		Porcentajes de Infección	
	<i>TOLÚ</i>	<i>COROZAL</i>	TOLÚ	COROZAL
<i>COLOSUANA</i>	44.03	60.67	54	76
	53.61	53.13	64.8	64
	51.83	53.73	61.8	65
	60.33	51.35	75.3	61
	47.93	43.85	55.1	48
	49.66	42.13	58.1	45
<i>ANGLETON</i>	37.47	64.9	37	82
	43.91	58.69	48	73
	39.87	62.03	41.1	78
	45.17	57.8	50.2	71.6
	36.03	55.55	34.6	68
	36.87	56.98	36	70.3

Los valores de porcentaje de infección fueron transformados al arco seno porcentaje

### *Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo*

P≤0.05 Significativo	<i>RESUMEN</i>	<i>TOLÚ</i>	<i>COROZAL</i>	<i>Total</i>
P≤0.01Alta/ Significativo	<i>COLOSUANA</i>			
	Cuenta	6	6	12
	Suma	307.39	304.86	612.25
	Promedio	51.2317	50.81	51.02083333
	Varianza	30.8059	47.0408	35.43333561
	<i>ANGLETON</i>			
	Cuenta	6	6	12
	Suma	239.32	355.95	595.27
	Promedio	39.8867	59.325	49.60583333
	Varianza	14.7831	12.17523	115.3034629
	<i>Total</i>			
	Cuenta	12	12	
	Suma	546.71	660.81	
	Promedio	45.5592	55.0675	
	Varianza	55.8247	46.6905295	

### ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>S. de cuadrados</i>	<i>° libertad</i>	<i>X cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>V. Cr. F</i>
Muestra	12.01335	1	12.01335	0.458502963	0.50608194	4.35125003
Columnas	542.4504167	1	542.450417	20.70322794	0.00019469	4.35125003
Interacción	591.6294	1	591.6294	22.58019895	0.00012186	4.35125003
Dentro del grupo	524.0249667	20	26.2012483			
Total	1670.118133	23				

### PRUEBA DE TUKEY

<i>RELACIÓN</i>	<i>DIFERENCIA</i>	<i>W</i>
<b>R1</b> 59.325 - 51.232	8.093333333	10.49
<b>R2</b> 59.325 - 50.81	8.515	10.49
<b>R3</b> 59.325 - 39.88	19.43833333	10.49
<b>R4</b> 51.232 - 50.81	0.421666667	10.49
<b>R5</b> 51.232 - 39.88	11.345	10.49
<b>R6</b> 50.81 - 39.88	10.92333333	10.49
<b>RELACIÓN INTERACCIÓN ESPECIE - MUNICIPIO</b>		
<i>R1: ANGLETON COROZAL - COLOSUANA TOLU</i>		
<i>R2: ANGLETON COROZAL - COLOSUANA COROZAL</i>		
<i>R3: ANGLETON COROZAL - ANGLETON TOLU</i>		
<i>R4: COLOSUANA TOLU - COLOSUANA COROZAL</i>		
<i>R5: COLOSUANA TOLU - ANGLETON TOLU</i>		
<i>R6: COLOSUANA COROZAL - ANGLETON TOLU</i>		

<b>Valores promedio de Porcentaje de Infección</b>	
<b>Especie - Municipio</b>	<b>X</b>
Ángleton - Corozal	73.8 a
Ángleton– Tolú	41.1 b
Colosuana - Corozal	59.83 ace
Colosuana - Tolú	61.5 ade

## FORMATO GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN A NIVEL DE GÉNEROS DE MVA

Tomado de Shenck and Pérez, 1991 y modificado por Alexander Pérez, 2003.

Finca: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Zona agrológica: \_\_\_\_\_

### OBSERVACIÓN EN MICROSCOPIO:

#### **A. Forma de la espora:**

☐ Globosa ☐ Subglobosa ☐ Ovoide ☐ Elipsoide ☐ Irregular

**B. Diámetro de la Espora ( $\mu\text{m}$ )** \_\_\_\_\_

#### **C. Color de la Espora:**

En agua \_\_\_\_\_ P.V.L. \_\_\_\_\_ En Melzer \_\_\_\_\_

#### **D. Contenido citoplasmático de la Espora:**

☐ Globular ☐ Reticulado ☐ Vacuolar ☐ Otro

#### **E. Estructura superficial de la espora:**

☐ Lisa ☐ Ornamentada ☐ Espinosa ☐ Equinulada ☐ Otra

#### **F. Características, composición y tipo de pared**

Numero de capas: \_\_\_\_\_

Ancho de cada capa: \_\_\_\_\_

Apariencia de cada capa: ☐ Lisa ☐ Membranosa ☐ Laminada  
☐ Unitaria ☐ Ornamentada ☐ Amorfa

#### **G. Ancho y tipo de la union hifal:**

Hifa terminal (saco esporífero):..... Sí ☐ No ☐

Bulbo Suspensor:..... Sí ☐ No ☐

Hifas:..... Sí ☐ No ☐

Diámetro de la hifa terminal:..... \_\_\_\_\_

Diámetro del bulbo suspensor:..... \_\_\_\_\_

Diámetro de Hifa:..... \_\_\_\_\_

Presencia de poro:..... \_\_\_\_\_

Presencia de cicatriz:..... \_\_\_\_\_

#### **H. Presencia de peridio:**

Sí ☐ No ☐

Color del peridio: \_\_\_\_\_

## ANEXO H. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS POR ZONAS DEL MUNICIPIO DE COROZAL

### RANGOS ZONA 1

Textura	pH 1:1	% M.O	P ppm	CIC	Na	K	Ca	Mg
				meq/100g				
Far – FA	5.62 – 7.8	0,58 - 2,78	0,95 - 18,94	16,8 -28,5	1,29 - 2,19	0,09 -0,29	1,72 – 8.09	1,84 - 7,94

### RANGOS ZONA 2

Textura	pH 1:1	% M.O	P ppm	CIC	Na	K	Ca	Mg
				meq/100g				
F – FA	6,4 - 7,35	0,3 - 1,37	6,1 - 14,99	23,5 - 32,25	1,21 - 1,4	0,02 – 0.32	4,84 – 9.44	3,3 – 4,53

### RANGOS ZONA 3

Textura	pH 1:1	% M.O	P Ppm	CIC	Na	K	Ca	Mg
				meq/100g				
Far – FA	7.1 - 8,45	0.96 – 2.6	1,53 – 18,94	25 – 40	0,68 - 1,48	0,02 - 0,55	4,84 - 10,6	2,5 - 5,3

### RANGOS ZONA 4

Textura	pH 1:1	% M.O	P ppm	CIC	Na	K	Ca	Mg
				meq/100g				
FA – FarA	5,95 - 7,4	0,81 - 2,96	1,4 – 11.24	12,65 - 37,5	0,08 - 4,18	0,016 - 0,39	1,11 - 30,5	0,22 – 6.25

### RANGOS ZONA 5

Textura	pH 1:1	% M.O	P ppm	CIC	Na	K	Ca	Mg
				meq/100g				
A – FA	4,6 - 5.91	0,07 - 1,77	0,95 - 14	4,4 - 22	0,1 – 1.29	0,08 - 0,4	0,4 - 3,31	0,4 - 8,08

### RANGOS ZONA 6

Textura	pH 1:1	% M.O	P Ppm	CIC	Na	K	Ca	Mg
				Meq/100g				
Ar – FarA	4,9 – 6.7	0,07 - 2,61	0,4 - 6,5	18,2 – 48	0,2 – 0.4	0,2 – 1.6	4 - 36,9	5,3 - 20,5

## ANEXO I. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS POR ZONAS DEL MUNICIPIO DE TOLÚ

### RANGOS ZONA 1

Textura	pH 1:1	% M.O	P ppm	CIC	Na	K	Ca	Mg
				meq/100g				
FA - FArA	5.26 – 7.9	1,49 - 7.80	62 – 124.6	15,4 – 28.3	0.33 – 1.63	0,14 -0,81	3,11 – 19.7	1,52 – 22.0

### RANGOS ZONA 2

Textura	pH 1:1	% M.O	P ppm	CIC	Na	K	Ca	Mg
				meq/100g				
F – FArA	5.15 – 6.1	2.49 – 4.48	33.5 – 160	15.1 – 26.7	0.24 – 3.7	0,26 – 1.93	3.53 –22.78	2.51– 10.24

### RANGOS ZONA 3

Textura	pH 1:1	% M.O	P Ppm	CIC	Na	K	Ca	Mg
				meq/100g				
F – Far	5.16 – 5.7	3.29 – 4.06	96.3 – 111.9	18.7 – 27.5	0,39 – 0.55	0,33 - 0,8	5.71 – 24.8	2,2 – 16.0

### RANGOS ZONA 4

Textura	pH 1:1	% M.O	P ppm	CIC	Na	K	Ca	Mg
				meq/100g				
F – FAr	5,53 - 7,4	2.08 – 4.0	65.1– 104.0	23.65 – 28.8	0,33 – 0.67	0.47 - 0,84	5.0 – 10.94	3.24 – 13.95

### RANGOS ZONA 5

Textura	pH 1:1	% M.O	P ppm	CIC	Na	K	Ca	Mg
				meq/100g				
F - FAr	5.05 - 5.5	3.36 – 5.80	33.60 – 98.4	17.3 – 31.6	0,4 – 2.09	0,28 - 0,8	7.16 – 12.8	1.17 – 10

### RANGOS ZONA 6

Textura	pH 1:1	% M.O	P Ppm	CIC	Na	K	Ca	Mg
				Meq/100g				
F – Ar	4,6 – 6.25	3.36 – 5.80	26.3 – 87.5	26.13 - 33.61	0.52 – 2.6	0,26 – 0.56	4.67 – 21.9	4.22– 13.4

## ANEXO J. DENSIDAD DE ESPORAS Y PORCENTAJE DE INFECCIÓN PARA ÁNGLETON COROZAL

ZONA	FINCA	REPLICAS CONTEO DE ESPORAS			DENSIDAD DE ESPORAS	% Promedio
1	1	1625	1265	1215	1368	82
	2	1287	1200	1120	1202	
	3	1320	1295	1152	1255	
	4	980	1035	960	991	
2	5	595	540	375	503	73
	6	507	495	360	454	
	7	488	448	408	448	
	8	481	456	383	440	
	9	440	430	390	420	
	10	480	364	360	401	
3	1	2760	2952	2608	2773	78
	2	2933	2540	2477	2650	
	3	2645	2583	2527	2585	
	4	2712	2695	2106	2504	
	5	2242	2320	2188	2250	
	6	2242	1748	1997	1996	
	7	1930	1958	2016	1968	
	8	2000	1962	1800	1920	
	9	2100	1890	1720	1900	
4	1	3250	2733	2196	2726	72
	2	2819	2768	2435	2674	
	3	2231	2235	1879	2115	
	4	1784	1640	1616	1680	
	5	1615	1385	1515	1505	
	6	926	902	884	904	
	7	855	832	715	800	
	8	800	760	720	760	
	9	700	630	576	635	
5	1	2970	2740	2592	2695	68
	2	2930	2520	2490	2646	
	3	2790	2672	2310	2590	
6	4	2740	2592	2320	2510	70
	5	2700	2440	2289	2476	
	6	2720	2380	2100	2400	

## ANEXO K. DENSIDAD DE ESPORAS Y PORCENTAJE DE INFECCIÓN PARA ÁNGLETON TOLU

ZONA	FINCA	REPLICAS			DENSIDAD DE ESPORAS	% Promedio
1	1	2224	1827	1698	1916	37
	2	2112	1806	1578	1832	
	3	1757	2161	1268	1729	
	4	1200	1260	1000	1153	
	5	442	450	370	421	
	6	416	350	300	355	
2	1	768	719	625	704	48
	2	745	646	694	696	
	3	832	632	625	695	
	4	864	687	517	690	
	5	702	621	459	594	
	6	666	570	468	568	
	7	459	555	506	500	
3	1	1995	1963	1875	1944	41
	2	1350	1096	1050	1165	
	3	900	896	700	832	
	4	808	658	588	685	
	5	650	550	495	565	
	6	576	483	366	475	
	7	495	424	350	423	
	8	440	406	360	402	
4	1	756	762	600	706	50
	2	750	630	496	625	
	3	576	574	462	537	
	4	472	504	396	458	
5	1	2420	2250	1920	2197	35
	2	1938	1632	1545	1705	
	3	1528	1484	1182	1398	
	4	1225	1139	1050	1138	
	5	765	870	761	800	
6	1	1998	1725	1328	1683	36
	2	1530	1383	1205	1564	
	3	1204	906	745	952	
	4	675	579	500	584	
	5	476	400	351	408	



**ANEXO L. DENSIDAD DE ESPORAS Y PORCENTAJE DE INFECCIÓN PARA  
COLOSUANA TOLÚ**

ZONA	FINCA	REPLICAS			DENSIDAD DE ESPORAS	% Promedio
1	1	2052	2280	1862	2065	54
	2	1666	1680	2187	1844	
	3	2010	1931	1578	1839	
	4	1820	1922	1674	1805	
	5	2030	1566	2187	1660	
	6	1376	1127	1038	1180	
	7	1152	1120	1674	1117	
2	1	2870	2160	1850	2293	65
	2	2560	2065	1794	2140	
	3	2288	1905	1645	1946	
	4	2048	1911	1530	1830	
	5	2016	1820	1482	1773	
	6	1694	1260	1165	1373	
	7	728	576	495	600	
3	1	4284	4032	3717	4011	62
	2	1242	1240	1120	1200	
	3	875	1030	850	920	
	4	900	840	826	855	
	5	861	880	728	824	
	6	702	696	686	694	
	7	534	520	496	516	
	8	488	536	464	496	
	9	414	432	406	417	
	10	398	375	402	391	
	11	420	360	350	376	
4	1	1062	1000	952	1104	75
	2	980	972	880	944	
	3	960	910	750	873	
	4	790	768	801	786	
	5	598	610	622	610	
	6	480	468	432	460	
	7	455	372	285	370	
5	1	4992	3962	3750	4174	55
	2	2008	1890	1560	1820	
	3	2100	1560	1300	1653	
	4	1976	1561	1410	1650	
	5	1208	1148	1290	1215	
	6	882	798	670	783	
	7	808	714	564	695	

ZONA	FINCA	REPLICAS			DENSIDAD DE ESPORAS	% Promedio
<b>6</b>	1	1840	1750	1620	1736	58
	2	1539	1568	1520	1542	
	3	1302	1297	1312	1303	
	4	1287	1120	1120	1175	
	5	870	883	865	872	
	6	880	777	780	712	
	7	424	406	372	400	

**ANEXO M. DENSIDAD DE ESPORAS Y PORCENTAJE DE INFECCIÓN PARA  
COLOSUANA COROZAL**

ZONA	FINCA	REPLICAS			DENSIDAD DE ESPORAS	% Promedio
1	1	1470	1212	975	1219	76
	2	1482	1144	882	1169	
	3	1302	1125	848	1091	
2	1	2377	2178	1787	2114	64
	2	2625	1902	1980	2169	
	3	2196	1970	1488	1885	
	4	2070	1870	1452	1797	
3	1	2595	2220	2340	2385	65
	2	2717	2394	1977	2362	
	3	3012	2705	2288	2668	
	4	3630	3558	3940	3375	
	5	3700	3200	2070	2990	
	6	4180	3510	2835	3508	
	7	3546	3375	2564	3161	
	8	3360	3450	2680	3163	
4	1	1170	808	714	897	61
	2	1254	1080	805	1046	
	3	1180	960	762	967	
	4	1160	888	600	882	
	5	1326	1390	940	1218	
	6	1500	1270	940	1236	
	7	1335	1040	750	1041	
	1	1242	1085	840	1055	
	2	1435	1254	1065	1251	
	3	1920	1635	1320	1625	
	4	2416	2387	2010	2271	
	5	1764	1505	1160	1476	
	6	1908	1450	1204	1520	
	7	1824	1460	1260	1515	
	1	2030	1848	1605	1828	
	2	7000	6072	5580	6217	
5	4	5400	4650	4008	4686	48
	5	6110	4950	4554	5205	
	6	5018	4070	3240	4109	
	7	5320	5040	4060	4807	
		5472	4905	3780	4719	
		6450	5713	4961	5708	
		6545	6105	4635	5762	

ZONA	FINCA	REPLICAS			DENSIDAD DE ESPORAS	% Promedio
6		6870	5605	4800	5758	45
		7216	5454	5260	5977	
		8520	6975	5612	7036	
		7500	6320	4830	6217	
		7560	6320	4650	6177	