

**DIVERSIDAD DE GENEROS DE HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS
ARBUSCULARES ASOCIADOS A PASTO COLOSUANA (*BOTHRIOCHLOA
PERTUSA* (L) A. CAMUS) EN SUELOS COMPACTADOS Y NO
COMPACTADOS DEL MUNICIPIO DE SAN MARCOS-DEPARTAMENTO DE
SUCRE**

**ROBERTO CARLOS JIMENEZ ZAPPA
ADER ALFREDO NÚÑEZ ORTEGA**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE EDUCACION Y CIENCIAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
SINCELEJO – SUCRE
2013**

**DIVERSIDAD DE GENEROS DE HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS
ARBUSCULARES ASOCIADOS A PASTO COLOSUANA (*BOTHRIOCHLOA
PERTUSA* (L) A. CAMUS) EN SUELOS COMPACTADOS Y NO
COMPACTADOS DEL MUNICIPIO DE SAN MARCOS-DEPARTAMENTO DE
SUCRE**

**ROBERTO CARLOS JIMENEZ ZAPPA
ADER ALFREDO NUÑEZ ORTEGA**

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR EL TITULO DE BIÓLOGO

DIRECTOR:

**ALEXANDER FRANCISCO PEREZ CORDERO
* PH.D, DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SUCRE**

CODIRECTOR:

**FREDY ESPITIA DORIA
BIÓLOGO M.SC EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE EDUCACION Y CIENCIAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
SINCELEJO – SUCRE**

2013

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Sincelejo, Enero 20 del 2014

**“PERTENECE AL ESTUDIANTE EL DERECHO MORAL SOBRE LA
PRODUCCIÓN INTELECTUAL QUE REALICE PERSONAL / O CON LA
ORIENTACIÓN DE UN ASESOR O TUTOR, EN DESARROLLO DE LAS
ACTIVIDADES ACADÉMICAS”**

Art. 29 Res. 1675 del 2012

DEDICATORIA

A DIOS, dueño y creador de todo lo que existe en el universo, por darme la sabiduría e inteligencia en todo mi proceso de formación académico, por las bendiciones derramadas en mí y en mi familia, porque gracias a su amor su gloria se ha manifestado grandemente en nosotros, a nivel espiritual, económico, social e intelectual, que un etc. queda pequeño para nombrar todo lo que la mano de Dios ha hecho en mi familia.

Gracias una vez más todo poderoso por abrir puertas y encaminar mi vida por senderos de victorias, que a pesar de las dificultades, problemas, desánimos, siempre encuentro aliento y esperanza en tí. Este nuevo logro alcanzado en mi vida lo encomiendo a tí porque sé que en tí encontrare una respuesta reflejada en muchas bendiciones y éxitos.

A mis padres Eriberto Jiménez y Carmen zapa, por estar a mi lado en cada una de las etapas de mi vida, por ser mi motivación, porque gracias a su infinito amor, apoyo, comprensión, fortaleza, educación y un sinnúmero más de palabras, que no alcanzan para describir lo que han hecho por mí y mis hermanos, gracias padres por encaminarnos y guiar nuestras vidas por el camino correcto. Le pido a Dios que me los proteja y me los colme de muchas bendiciones y sobre todo les de muchos años más de vida, para que vean los frutos y la gloria de él en nosotros, por su gran labor como padres. Viejos Los queremos con todo el corazón.

A mis hermanos, Eriberto, Jesús y Jaime, por ser el fruto de un gran amor y la motivación de mis padres, le pido a Dios que los proteja y los bendiga, ya que juntos tenemos una gran tarea que cumplir, crecer como familia en todo el buen sentido de la palabra y servir al señor por que todo se lo debemos a él.

A mis familiares en especial a mi tía Nubia, Rosa elena, a mi tío Gustavo y a mi primo camilo, por su gran apoyo incondicional en todo momento y por estar siempre con nosotros, en la abundancia y en la adversidad. Gracias en verdad les agradezco con todo mi corazón y quedan escasos los calificativos para describir lo importante que han sido en mi vida.

El temor de Jehová es el principio de la sabiduría, y el conocimiento del santísimo es la inteligencia. **Proverbios 9: 10**

Gracias

Roberto Carlos Jiménez Zappa

DEDICATORIA

Gracias DIOS por tu infinita misericordia y amor, ya que me permites sembrar, no importando la tempestad o la sequía, gracias a tú fuerza y voluntad que me permitió recoger buenos frutos y que esos frutos permanecieran, es por eso, que hoy dedico primeramente mi trabajo a Él, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. Gracias Dios por realizar este gran sueño en mi vida.

Con todo mi cariño y mi amor le doy Gracias a mis viejos Alfredo Núñez y Yudys Ortega, por su gran esfuerzo, empeño y sacrificio para hacer de mí, la persona que soy. Amo a mis viejos. Gracias por ser ese instrumento que utilizo Dios para que hoy pudiera lograr mi gran sueño, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón, amor y mi agradecimiento.

A mis hermanos Jeilany y Carlos Núñez Ortega, por siempre estar ahí tendiéndome la mano, apoyándome y dándome fuerza cuando los necesité.

A mis abuelos Gloria Trucco y Federico Ortega por su gran apoyo y dirección, por que como mis padres me orientaron para que yo pudiera cruzar esta meta tan esperada.

A mi novia Arabany Martínez Álvarez, por su paciencia y comprensión, porque preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío, por estar ahí en los momentos buenos y malos y por tú compañía y ayuda incondicional.

Por último, gracias a todas las personas que siempre confiaron en mí, y creyeron en el gran propósito que Dios iba a hacer con migo.

Clama a mí, y yo te responderé, y te enseñare cosas grandes y ocultas que tú no conoces. **Jeremías 33:3**

Gracias
Ader Alfredo Núñez Ortega

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

ALEXANDER FRANCISCO PEREZ CORDERO, PH D. Director del grupo de investigación Bioprospección Agropecuaria, director de trabajo de grado. Universidad de Sucre.

FREDY ESPITIA DORIA. Biólogo con énfasis en biotecnología, candidato a magister en ciencias ambientales, Investigador del grupo de investigación Bioprospección Agropecuaria, codirector de trabajo de grado. Universidad de Sucre.

LABORATORIO DE INVESTIGACION EN MICROBIOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD DE SUCRE SEDE PUERTA ROJA, por facilitar sus instalaciones, equipos y reactivos para el desarrollo de esta investigación.

GRUPO DE INVESTIGACION BIOPROSPECCION AGROPECUARIA, por sus continuas asesorías técnicas y suministro de información.

A JAIME MERCADO ORDOÑEZ, por su colaboración desinteresada, por sus ideas y aportes a nuestro trabajo.

Especialmente agradecemos y expresamos de una manera fraternal un cariño profundo a nuestros compañeros de estudio, **Arabany Martínez Álvarez, William Contreras, Ana Bravo, Adrian Benitorevollo, Olivia Castro, Adriana Tuberquia, Carlos Arrieta Manjarres, Daniel Amell, Daniel Romero, Marian Calderas, Yohadis Guzmán, Liseth Pérez, Lucia Díaz, Deyis Meneses, Meylin Díaz, Angy Jimenez, Gina Suarez, Neila Díaz, Rosmery Madera, Lina Bertel, Catalina Lopez, Lilia Iriarte, Maira Discuviche, Leonardo Chamorro** y a los técnicos de laboratorios **Julia Madero, Arturo Doncel, Rocio Payares, Pedro Doncel, Yulis Méndez y José guerra,** por la ayuda generosa en algunos de los métodos utilizados.

Compañeros de equipos de **ATLÉTICO JUANMA y Aficionadas(os)** y a mi amigo **Víctor Ricardo Valdelamar Gazabon,** por su amistad y apoyo.

A todos los profesores que participaron en nuestra formación académica, en especial a **SANTIAGO RUÍZ, ALCIDES SAMPEDRO, HERNANDO GÓMEZ, OLGA PERNA, GEOVANNI MONTES y CLAUDIA MORENO.**

A todas las personas de la comunidad de **SANTAINES, BUENAVISTA y CAÑAHUATE**, que nos proporcionaron su ayuda y facilitaron en gran medida la realización de este trabajo, en especial a la familia Martínez Cogollo por su atención y amabilidad para con nosotros.

A todas a aquellas personas, que en este proceso investigativo de manera desinteresada, contribuyeron a la realización y al buen término de este trabajo.

A **JOHANA ROJAS SIERRA, AYDE SOFIA MUÑOZ NUÑEZ y ANTONIO TOVAR ORTEGA**, Jurados de tesis, que con su experiencia, conocimiento y asesoría, contribuyeron de una forma positiva al buen término de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	21
1. OBJETIVO	26
1.1 OBJETIVO GENERAL	26
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
2. MARCO TEORICO	27
2.1 PASTO COLOSUANA	27
2.2 ESTADO ACTUAL DEL SUELO EN EL MUNICIPIO DE SAN MARCOS	28
2.3 MICORRIZA	29
2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS MICORRIZAS	30
2.4.1 Micorrizas arbusculares	30
2.5 CLASIFICACIÓN DE LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES	31
2.6 LA SIMBIOSIS PLANTA-HONGO	32
2.7 INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DEL SUELO SOBRE LOS HFMA	34

2.8 LAS MICORRIZAS Y ESPECIES DE PASTOS TROPICALES	35
3. METODOLOGÍA	38
3.1 DESCRIPCION DEL ÁREA DE ESTUDIO	38
3.2 AREA DE ESTUDIO	39
3.3 ETAPAS DE INVESTIGACION	39
3.3.1 Desarrollo de la etapa de campo	39
3.3.1.1 Recolección de información	39
3.3.1.2 Muestreo	39
3.3.2 Desarrollo de la etapa de laboratorio	40
3.3.2.1 Análisis Microbiológico	40
3.3.2.2 Etapas del procesamiento las muestras	40
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL	44
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1 CARACTERÍSTICAS FISICOQUIMICAS DE LOS SUELOS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO	45

4.2 DENSIDAD DE ESPORAS	46
4.3 PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN	49
4.4 CORRELACIONES ENTRE LA DENSIDAD DE ESPORAS DE HFMA Y PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL SUELO	57
4.4.1 Densidad de esporas en base a la textura del suelo	58
4.4.2 valores de densidad de esporas de HFMA en las zonas, explicados en base a los parámetros fisicoquímicos del suelo, que presentaron correlaciones significativas con la variable biológica	58
4.5 CORRELACIÓN DEL PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN DE HFMA CON PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL SUELO	63
4.5.1 Porcentaje de colonización en base a la textura del suelo	64
4.5.2 valores de colonización de HFMA en las zonas, explicados en la relación a los parámetros fisicoquímicos del suelo, que mostraron correlaciones significativas con la variable biológica en estudio	65
4.6 CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES BIOLÓGICAS	69
4.7 MORFOTIPOS IDENTIFICADOS EN LAS DIFERENTES ZONAS ESTUDIADAS	71
4.8 RIQUEZA DE ESPECIES DE HMA EN LAS ZONAS DE ESTUDIOS	90
5. CONCLUSIONES	92

6. RECOMENDACIONES **94**

BIBLIOGRAFIAS **96**

ANEXOS **105**

LISTA DE TABLAS

	pág.
TABLA 1 Clasificación actual de los HFMA	31
TABLA 2 Número de esporas/100g de suelos de HFMA en las diferentes zonas muestreadas	46
TABLA 3 Porcentaje de colonización de HFMA en raíces de pasto colosuana	49

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Arbúsculo y vesículas de HFMA en raíces colonizadas	32
Figura 2 Tipos de asociación Micorrizas Arbusculares	33
Figura 3 Representa el número de esporas/g de suelo de HFMA en función de las zonas muestreadas	47
Figura 4 Representa el porcentajes de Colonización de HFMA asociados al pasto colosuana en función de las zonas de estudio	50
Figura 5 Vesículas de HFMA	53
Figura 6 Vesícula e Hifa formada de HFMA	53
Figura 7 Espora e Hifa formada de HFMA	54
Figura 8 Espora de HFMA	54
Figura 9 Hifa y vesícula de HFMA	54
Figura 10 Vesículas de HFMA	55
Figura 11 Espora de HFMA	55
Figura 12 Vesícula y espora de HFMA	56
Figura 13 Hifa de HFMA	56
Figura 14 Correlación entre densidad de esporas de HFMA, con los	57

parámetros fisicoquímicos del suelo en las zonas muestreadas

Figura 15 Correlación del porcentaje de colonización de HFMA, con los parámetros fisicoquímicos del suelo 64

Figura 16 Porcentaje de Géneros de HFMA, aislados en las zonas objeto de estudio 88

Figura 17 Riqueza de especies de HFMA en función de las zonas objeto de estudio en el Municipio de San Marcos 90

LISTA DE CUADROS

	pág.
CUADRO 1 Coeficientes de correlación de densidad de esporas en función a los parámetros fisicoquímicos de los suelos de la zona	57
CUADRO 2 Relación de la densidad de esporas de acuerdo a la textura del suelo de cada zona	58
CUADRO 3 Coeficientes de correlación, de porcentaje de colonización de HFMA, en relación de los parámetros fisicoquímicos de los suelos	63
CUADRO 4 % de colonización de cada zona según la textura de suelo presente	65
CUADRO 5 Coeficiente de correlación, de densidad de esporas y porcentaje de colonización de HFMA	69
CUADRO 6 Índices de riqueza de especies de HFMA para cada zona	90

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A Murograma, para el registro de las características morfológicas de las esporas de HFMA y su posterior identificación a nivel de géneros	108
Anexo B Análisis de caracterización Física y química de suelos de las zonas	109
Anexo C Resultados del Anova de densidad de esporas de HFMA, entre zonas, determinados por el software estadístico R	113
Anexo D Prueba de Tukey para la densidad de esporas de HFMA, entre zonas. Determinados con el software R	113
Anexo E Resultados del Anova de porcentaje de colonización de HFMA, entre zonas determinados por el software R	114
Anexo F Prueba Tukey, Para el porcentaje de colonización de HFMA, entre zonas, determinados con el software R	114
Anexo G Coeficientes de correlación, entre la densidad de esporas de HFMA y los parámetros físicos químicos del suelo, y su significancia al nivel del 0,05	115
Anexo H Coeficientes de correlación, entre el porcentaje de colonización de HFMA y los factores fisicoquímicos del suelo y su significancia al nivel del 0,05	115
Anexo I Coeficiente de correlación, entre el porcentaje de colonización de HFMA y la densidad de esporas y su significancia al nivel del 0,05	116

Anexo J Número de géneros o taxas de HFMA aislados y la riqueza de géneros de HFMA de acuerdo al estado uso y manejo del suelo	116
Anexo K Géneros de HFMA aislados en suelo compactado y no compactado del municipio de San Marcos	116
Anexo L Número de especies o taxas de HFMA, aislados en cada zona, y la riqueza de especies de HFMA en cada una de estas	116
Anexo M Especies de HFMA encontrados en cada zona, muestreada del municipio de San Marcos	117
ANEXO N Número de especies o taxas de HFMA aislados y la riqueza de especies de HMA de acuerdo al estado uso y manejo del suelo	117
ANEXO O Especies de HFMA aislados en suelo compactado y no compactado del municipio de San Marcos	118

RESUMEN

La presente investigación, se llevó a cabo en zonas con suelos compactados y no compactados del municipio de San Marcos departamento de sucre establecidos con pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus), con el objetivo de identificar géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares asociados a esta especie de pasto. Para establecer diferencias entre densidades de esporas y porcentajes de colonización promedio, se realizó un diseño completamente al azar. Para determinar diferencias entre zonas, se utilizó la prueba de Tukey al 5% de significancia. Las variables físico-químicas del suelo se correlacionaron, con las variables biológicas densidad de esporas y porcentaje de colonización de HFMA, de igual forma se correlacionaron las variables biológicas entre sí. Se determinó la riqueza de especies de HFMA para cada zona. El ANOVA mostró diferencias altamente significativas ($p=0,000000009$, $p=0,00005$), entre las densidades promedio de esporas y porcentajes de colonización promedio entre zonas. La prueba de Tukey señaló que las zonas con suelo compactado de Santa Inés-puente y Buenavista, presentan las mayores densidades de esporas (670-1100, 640-1000 esporas/100gr de suelo) y los menores valores se registraron, en las zonas de suelos no compactado de Cañahuate y Santa Inés (280-590, 290-640 esporas/100 gr de suelo). Esta prueba, mostro también que Cañahuate y Buenavista tuvieron los menores valores de colonización de HFMA, (31-34%) y (35-38 %) respectivamente, en tanto que en Santa Inés-puente y Santa Inés, se presentaron los mayores promedios en porcentaje de colonización (48-51 %) y (40-45 %). Las correlaciones de los parámetros físicoquímicos del suelo de las zonas con la densidad de esporas, muestran una correlación positiva significativa al nivel de 0,05 para: Materia orgánica, fósforo, calcio, magnesio, sodio, Densidad Aparente y una correlación negativa significativa, con la porosidad y porcentaje de humedad, registrándose una mayor densidad de esporas en suelos con textura Franco Arenoso. Las correlaciones de los parámetros del suelo con el porcentaje

de colonización, evidencian que existe una correlación positiva con el pH, fósforo, Sodio y una correlación negativa con el potasio y porcentaje de humedad, señalando que los mayores porcentajes de colonización, se dieron en suelos de zonas donde está presente textura de Suelo Franco Arenoso y Arenoso Franco.

Se observó, que no existe una correlación significativa entre la densidad de esporas y el porcentaje de colonización de HFMA. La mayor riqueza de especies de HFMA, se registró en la zona de suelo no compactado de Santa Inés (bosque) cuyo índice de riqueza es 5,17.

Se aislaron 31 morfotipos de HFMA en las zonas, de los cuales el 48% corresponden al género *Glomus*, seguidamente, con un 10% *Claroideoglosum* y *Diversispora*, con un 7% *Gigaspora* y *Viscospora* y en menor porcentaje *Acaulospora*, *Funneliformis*, *Tricispora*, *Intraspora*, *Simiglomus* y *Ambispora*, con un 3 % cada uno respectivamente.

En comparación a las anteriores investigaciones, sobre diversidad de géneros de HFMA asociada a la especie de pasto colosuana en el departamento de Sucre, se encontró una mayor diversidad de géneros de HMA en suelos compactados y no compactados del municipio de San Marcos, indicando que los dos estados del suelo, contribuyeron de forma directa e indirecta a una mayor diversidad de géneros de HMA.

PALABRAS CLAVES: Micorriza Arbusculares, pasto colosuana, Suelo, parámetro físico-químicos, San Marcos.

ABSTRACT

This study was carried out in areas of non-compacted and compacted soils in the municipality of San Marcos (Sucre, Colombia) established with Colosuana grass (*Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus), in order to identify types of Arbuscular Mycorrhizal Fungi associated with this grass species. To differentiate between average densities of spores and colonization average percentages of zones, there was a completely randomized design. To determine differences between areas the Tukey test at 5% significance was used. The physical-chemical variables were correlated with soil biological variables and percentage spore densities of AMF colonization, similarly biological variables were correlated with each other. AMF species richness was determined for each zone. ANOVA analysis showed highly significant differences ($p= 0.000000009$, $p= 0.00005$) between the average densities of spores and colonization percentages average between zones. Tukey test indicated that compacted soil areas of Santa Ines bridge and Buenavista had the highest spore densities (670-1100, 640-1000 spores/100g of soil) and the lowest values were recorded in areas of soils non-compacted from Cañahuate and Santa Ines (280-590, 290-640 spores/100 g of soil). This test also showed that Cañahuate and Buenavista had the lowest values of AMF colonization (31-34%) and (35-38%), while in Santa Ines and Santa Ines - bridge had major colonization levels (48-51%) and (40-45%). Correlations of soil physicochemical parameters of the zones with the density of spores show a positive correlation significant ($p=0.05$) with: organic matter, phosphorus, calcium, magnesium and sodium, with higher spore density in sandy loam soil. Correlations of soil parameters with the percentage of colonization showed that there was a significant positive correlation with pH, phosphorus, sodium and a significant negative correlation with potassium, establishing that the highest percentages of colonization occurred in areas where a franco-sandy soil type predominates.

Analyses of soil parameters with the percentage of colonization showed that there is a positive correlation with pH, phosphorus, sodium and a negative correlation with potassium and humidity content, indicating that higher colonization rates were determined in soils Sandy Loam textured and Sandy Franco.

There is no significant correlation between spore density and the percentage of colonization of AMF. Most AMF species richness was recorded in non-compacted soil, Santa Ines (forest) whose richness index is 5.17.

31 AMF Morphotypes were isolated in the study area, 48% are in the genus *Glomus*, 10% to *Claroideoglomus* and *Diversispora*, with 7% *Gigaspora* and *Viscospora*, and to a lesser extent *Acaulospora*, *Funneliformis*, *Tricispora*, *Intraspora*, *Ambispora* and *Simiglomus* with 3% each respectively

There was a greater diversity of genres HMA compacted and non-compacted soils the municipality of San Marcos compared to previous research on gender diversity of AMF associated with *Colosuana* grass species in the Department of Sucre, indicating that the two ground states contributed directly and indirectly to a greater diversity of genres of HMA.

KEY WORDS: Arbuscular Mycorrhiza, colosuana grass, soil, physicochemical parameter, San Marcos.

INTRODUCCIÓN

Los hongos formadores de Micorrizas Arbusculares (HFMA) son microorganismos del suelo que forman simbiosis con más del 95% de las plantas terrestres ¹⁻²⁻³, formando arbusculos, vesículas (en algunas especies) e hifas, dentro de las células corticales de las plantas que colonizan ⁴. Tanto los hongos como las plantas tienen distribución universal, presentándose de esta manera ecotipos adaptados a condiciones diversas y extremas. Es de señalar que las plantas y las micorrizas tienen un origen común ⁵, Se ha evidenciado la importancia que tiene la colonización de los Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares con las raíces de las plantas, en relación con el mejoramiento de las condiciones físico-químicas del suelo; la estimulación del crecimiento e incremento de la calidad nutricional de las especies vegetales, convirtiéndolas en más tolerantes a condiciones adversas tanto abióticas como bióticas ⁶.

¹ CORNWELL, William K. BEDFORD, Barbara L. and CHAPIN, Carmen T. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in a phosphorus-poor wetland and mycorrhizal response to phosphorus fertilization. En: American Journal of Botany, 22, March, 2001, vol. 88, no 10, p. 1824.

² STRULLU-DERRIEN, Christine and STRULLU, Désiré-Georges. Mycorrhization of fossil and living plants. En: Comptes Rendus Palevol, November, 2007, vol. 6, no 6, p. 483.

³ MIRANSARI, M. BAHRAMI, H.A.REJALI, F. and MALAKOUTI, M.J. Effects of soil compaction and arbuscular mycorrhiza on corn (*Zea mays* L.) nutrient uptake. En: Soil and Tillage Research. May, 2009, vol. 103 no. 2. p. 282.

⁴ MIRANSARI, Ibid, p. 282.

⁵ STRULLU-DERRIEN, Op. Cit., p. 483.

⁶ BAREA, José-Miguel. AZCÓN, Rosario and AZCÓN-Aguilar, Concepción. En: Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. Antonie van Leeuwenhoek, December, 2002, vol. 81, no 1-4, p. 343-351.

La especie de pasto colosuana (***Bothriochloa pertusa***) la cual presenta algunas características como son: rápida recuperación después del pastoreo, especie altamente estolonífera, alta producción de semillas, resistencias al pisoteo y buena gustosidad para el ganado.

La ganadería bovina del departamento de Sucre con una población de 890000 cabezas ocupa 768600 ha de pastos, correspondiendo a la subregión Sabanas 164000 ha establecidas en su mayoría con ***Bothriochloa pertusa***, que representa el 21.3% del área de pastos del departamento ⁷.

La subregión Sabanas, además de presentar una época seca de 4 a 6 meses, los factores fisiográficos, las acciones antrópicas degenerativas del medio natural y el empleo de tecnologías inadecuadas en el área ganadera, han dado lugar a la degradación de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, limitando la oferta y calidad de pastos y forrajes, principalmente en temporada seca, lo que conduce a la trashumancia a la subregión Mojana y San Jorge ⁸. Dado que la simbiosis es un proceso recíproco planta-hongo, es importante conocer también el papel de la comunidad de plantas en la estructura y diversidad de la comunidad de HFMA ⁹.

⁷ PÉREZ C, Ricardo; M. Sc; PÉREZ C. Alexander y VERTEL M, Melba, M. Sc.I. Caracterización nutricional, fisicoquímica y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistemas de pasturas en la subregión sabanas del departamento de Sucre, Colombia. En: Revista Tumbaga. 2010. vol. 1, no. 5. p. 27.

⁸ AGUILERA, M.M. Economía Regional: La Economía del Departamento de Sucre: Ganadería y Sector Público. Sincelejo: Centro de Estudios Económicos Regionales, 2005. p. 97.

⁹ BURROWS, Rhoda L. And PFLEGER, Francis L. Arbuscular mycorrhizal fungi respond to increasing plant diversity. En: Canadian Journal of Botany, 2002, vol. 80, no 2, p. 120.

Los beneficios de la simbiosis en el hospedero se observan en supervivencia, productividad (cantidad y calidad) ¹⁰, morfología de planta y capacidad reproductiva ¹¹. Diferencias en crecimiento micelial y estrategias de toma de fósforo observadas entre especies de HMA pueden jugar un papel importante ¹², y podría incluso significar que una amplia diversidad de HMA, puede estar relacionada con un incremento en la eficiencia de extracción de nutrientes y por lo tanto en los beneficios al hospedero ¹³ y explicaría la presencia de diversos HMA en suelos y en raíces ¹⁴.

La ganadería de doble propósito es la principal actividad económica del departamento de Sucre, en el cual el 84,9 % de su territorio está dedicado exclusivamente al pastoreo de ganado según ¹⁵, y donde la fuente exclusiva de alimento animal la constituye las leguminosas nativas y las gramíneas.

¹⁰ GOVERDE, M. VAN DER HEIJDEN, M.A. et al. Arbusculares mycorrhizal fungi influence life history traits of a lepidopteran herbivore. En: Oecologia. November, 2000. vol. 125, p. 362.

¹¹ LU, Xiaohong and KOIDE, Roger T. The effects of mycorrhizal infection on components of plant growth and reproduction. En: New Phytologist, October, 1994, vol. 128, no 2, p. 211.

¹² SMITH, Frank Andrew. JAKOBSEN, I and SMITH, Sally E. Spatial differences in acquisition of soil phosphate between two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Medicago truncatula*. En: New phytologist, August, 2000, vol. 147, no 2, p. 357.

¹³ KERNAGHAN, Gavin. Mycorrhizal diversity: Cause and effect? En: Pedobiologia, 2005, vol. 49, no 6, p. 511.

¹⁴ LODGE, D. J. Ecto-or arbuscular mycorrhizas—which are best? En: New Phytologist, 2000, vol. 146, no 3, p. 353.

¹⁵ DANE. Encuesta Nacional Agropecuaria, resultados 1995, Costa Atlántica, 1996, p. 16.

La ganadería bovina en el municipio de San Marcos, se le atribuye el mal uso de los recursos naturales y el deterioro de importantes recursos como el suelo, el agua y la biodiversidad genética, a causa del proceso de la deforestación. El primordial problema asociado con la ganadería es la degradación de pasturas en áreas deforestadas. Las causas de la degradación de las áreas de pastoreo con gramíneas introducidas son múltiples: ataques continuos de insectos, compactación del suelo por pisoteo, falta de aplicación de fertilizantes y reciclaje limitado de nutrimento. Los impactos ambientales negativos de la ganadería se originan en el pastoreo excesivo y se producen como resultado de algunas prácticas de manejo inadecuado de las tierras en pastos. Los impactos externos en los terrenos de pastoreo se relacionan con las actividades de desarrollo (por ejemplo la agricultura, el desarrollo de los recursos hídricos, los programas de colonización, etc.), que reducen o imposibilitan el pastoreo del terreno o degradan sus recursos 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 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 defoliación hecha por los animales herbívoros ¹⁷.

¹⁶ SUCRE. Plan básico de ordenamiento territorial. Diagnostico Ambiental del municipio de San Marcos Departamento de Sucre. Sucre. Capítulo V, Diagnostico Ambiental, 2008. p. 225.

¹⁷ EOM, Ahn-Heum. WILSON, Gail WT and HARTNETT, David C. Effects of ungulate grazers on arbuscular mycorrhizal symbiosis and fungal community structure in tallgrass prairie. En: Mycologia. 15, March, 2001, Vol. 93, no. 2, p. 233.

Teniendo en cuenta la importancia de esta simbiosis natural y el valor de este proceso para los cultivos de pastos en la región y la necesidad de conocer los tipos de HFMA asociados a estos cultivos, se realizó un estudio significativo sobre la diversidad de géneros de HFMA asociados al pasto colosuana (***Bothrichloa pertusa***), ya que hasta la fecha no se había llevado a cabo ningún estudio para determinar qué tipo de géneros de HFMA, se encuentran asociados a las especies de pasto Colosuana (***Bothrichloa pertusa***) en suelos no compactados y compactados en el municipio San Marcos-Sucre. De acuerdo a esta investigación se pretende dar inicio a la identificación de los distintos géneros de HFMA, implicados en estas asociaciones, de esta forma crear un punto de partida a futuras investigaciones que relacionen la importancia de los HFMA como indicadores de calidad de suelo y su uso como biofertilizantes en cultivos de importancia agro-económica para la ganadería, de tal forma que se planteen y desarrollen estrategias, de uso y gestión racional de recursos disponibles y se optimice la productividad del sistema suelo-planta, beneficiando al sector agrícola y ganadero de la región.

1. OBJETIVOS

1.1 GENERAL

Identificar géneros de Hongos formadores de micorrizas arbusculares asociados a pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa*) en suelos compactado y no compactado en el municipio de San Marcos-departamento de Sucre-Colombia.

1.2 ESPECÍFICOS:

- Aislar esporas de micorrizas arbusculares a partir de rizósfera asociada al pasto colosuana en zonas con suelo compactado y no compactado.
- Determinar la densidad de esporas/100 g de suelos, asociados al pasto colosuana.
- Identificar a nivel de géneros HFMA asociados al pasto colosuana.
- Determinar el porcentaje de colonización de HFMA en raíces del pasto colosuana.
- Correlacionar la densidad de esporas y el porcentaje de colonización de HFMA en pasto colosuana en función a parámetros físico-químicos del suelo en las zonas muestreadas del municipio de San Marcos.
- Determinar la riqueza de especies de HFMA en las distintas zonas muestreadas en el municipio de San Marcos.

2. MARCO TEORICO

2.1 PASTO COLOSUANA (*Bothriochloa pertusa*)

Es una gramínea naturalizada de crecimiento rastrero y alta capacidad invasora, en las formaciones vegetales Bosque seco tropical, Bosque seco montano tropical, Bosque seco premontano, de la región Caribe en los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar y Magdalena y en el alto magdalena. Se propaga por semillas y por estolones, gramínea con alta capacidad de invasión, debido a su gran producción de estolones y de semillas viables, a la amplia adaptación a condiciones de suelo y clima, la baja palatabilidad en relación con otras gramíneas y la alta tolerancia al pisoteo por parte del animal ¹⁸.

¹⁸ CUESTA P. MATEUS H. et al. Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción. 1^{ra} Edición. Bogotá. Manual técnico de Agropecuaria (Corpoica). Mayo, 2005, p. 91.

2.2 ESTADO ACTUAL DEL SUELO EN EL MUNICIPIO DE SAN MARCOS

Alrededor del 50% del territorio del municipio de San Marcos se destina a actividades agropecuarias; la representación de ecosistemas de humedal (integrado por las categorías de: suelos anegados, ciénagas, complejo humedal ciénaga, complejo arbustivo humedal y humedal) cubre el 30% del área municipal ¹⁹. Las zonas agrícolas, en el municipio de San Marcos corresponde a los suelos de valle y planicie, en clima cálido húmedo, relieves planos o inclinados, pendientes no mayores del 7% y altitudes que no sobrepasan los 100 m.s.n.m. los suelos se desarrollan a partir de depósitos aluviales, caracterizados por tener contenidos de gravilla en el perfil y, en algunas pequeñas áreas, piedras en la superficie; hay limitaciones por fluctuaciones del nivel freático. Estas zonas tienen alto potencial de producción agrícola como, arroz, maíz, sorgo, yuca, ñame y frutales ²⁰.

Las zonas ganaderas, las unidades apropiadas para esta actividad corresponden al lomerío. Esta zona se caracteriza por ser de suelos arcillosos, ácidos, con abundante gravilla y cascajo; relieve plano a ondulado profundidad efectiva, con fragmentos rocosos en superficie y a través del perfil, su morfo dinámica es de tipo mixto erosional con grado leve a moderado. Se hace un buen uso de la ganadería extensiva con buen manejo de pastos y potreros haciendo rotaciones ²¹.

¹⁹ SUCRE. Departamento. Plan de gestión ambiental regional-corpomojana. Fondo de Compensación Ambiental–Asociación de Corporaciones. Documento final Fase I, 2002-2012. p. 174.

²⁰ SUCRE. Departamento. Plan básico de ordenamiento territorial. Diagnóstico biofísico del municipio de San Marcos departamento de Sucre. Sucre: Capítulo IV, Diagnóstico biofísico, 2008. p.162.

²¹ SUCRE. Gobernación. Plan básico de ordenamiento territorial. Ibid., p. 22-25.

2.3 MICORRIZA

Varios autores coinciden en definir a las micorrizas (mikes=hongo, rhiza=raíz) como asociaciones mutualistas entre un hongo y las raíces de la planta, en la que ambos miembros de la asociación se benefician y participan activamente en el transporte y absorción de nutrientes, influyendo tanto en la estructura como en la estabilidad de las comunidades vegetales²²⁻²³⁻²⁴. En la asociación mutualista que se establece con la micorriza, el hongo coloniza biotróficamente la corteza de la raíz, sin causar daño a la planta, llegando a ser, fisiológica y morfológicamente, parte integrante de dicho órgano. A su vez, la planta hospedera proporciona al hongo simbionte (heterótrofo), compuestos carbonados procedentes de la fotosíntesis, y un hábitat ecológico protegido²⁵.

²² BOLAN, N. S. A. Critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. En: Plant and soil, 1991, vol. 134, no 2, p. 189.

²³ MALDONADO, J.M y RAMÍREZ, G.A. Efecto de la inoculación con hongos micorrizógenos en almácigos de café (*coffea arábica*) Variedad Colombia. Tesis. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento Agropecuario, 1997. p. 3.

²⁴ MIYASAKA, Susan C. and HABTE, M. plant mechanisms and mycorrhizal symbioses to increase phosphorus uptake efficiency. En: Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2001, vol. 32, no 7-8, p. 1135.

²⁵ MOLINA, M.L, MAHECHA L. et al. Importancia del manejo de hongos micorrizogenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2005, vol. 18 no 2, p. 169.

2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS MICORRIZAS

Se pueden distinguir tres grupos fundamentales según la estructura de la micorriza formada: Ectomicorrizas o formadoras de manto; Ectendomicorrizas, que incluye Arbutoides y Monotropoides; y las Endomicorrizas, caracterizadas por la colonización intracelular del hongo, y que a su vez se subdividen en Ericoides, Orquidoides y Arbusculares ²⁶.

2.4.1 Micorrizas arbusculares

El tipo de asociación hongo-raíz más extendido en la naturaleza tal vez se ha la llamada Endomicorrizas arbusculares, formada por ciertos zigomicetos, los cuales no desarrollan red de harting y colonizan intracelularmente la corteza de la raíz por medio de estructuras especializadas denominadas arbusculos, que actúan como órganos de intercambio de nutrimentos entre la célula vegetal y el huésped algunos géneros de estos hongos forman también otro tipo de estructuras llamadas vesículas compuestas, principalmente por lípidos. Estas vesículas están presentes intercelularmente en la corteza de la raíz y se consideran reservorios de nutrimentos para el hongo. La presencia tanto de arbusculos como de vesículas dio lugar a que la simbiosis se conociera originalmente como vesiculo-arbuscular (VA), sin embargo, no todas las especies de hongos forman vesículas, por lo que en la actualidad la asociación se conoce como micorriza arbuscular (MA) ²⁷.

²⁶ READ, D.J. Mycorrhiza. The state of the art. En: Mycorrhiza. 2 Edicion. (A.Varma y B. Hock, Eds). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 1999. p. 15.

²⁷ AGUILERA, G et al. Micorrizas Arbusculares. En: Red de Revistas Científicas de América latina y el Caribe, España y Portugal; Tesis de posgrado. Toluca-México.; Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias. Ciencia Ergo Sum. 2007-2008, Vol. 14 no. 3, p. 304.

2.4.2 Clasificación de las micorrizas arbusculares. En la tabla 1 se presentan la clasificación taxonómica actual de las micorrizas ²⁸.

Tabla 1. Clasificación actual de los HMA

New classification of the *Glomeromycota*

CLASS	ORDER	FAMILY	GENUS	
<i>Glomeromycetes</i>	<i>Glomerales</i>	<i>Glomeraceae</i>	<i>Glomus</i>	
			<i>Funneliformis</i>	
			<i>Simiglomus</i>	
			<i>Septoglomus</i>	
		<i>Claroideoglomeraceae</i>	<i>Claroideoglomus</i>	
			<i>Viscospora</i>	
	<i>Diversisporales</i>	<i>Diversisporaceae</i>	<i>Diversispora</i>	
			<i>Redeckera</i>	
			<i>Otospora</i>	
			<i>Entrophosporaceae</i>	<i>Entrophospora</i>
			<i>Acaulosporaceae</i>	<i>Acaulospora</i>
				<i>Kuklospora</i>
	<i>Gigasporales</i>		<i>Pacisporaceae</i>	<i>Pacispora</i>
			<i>Gigasporaceae</i>	<i>Gigaspora</i>
		<i>Scutellosporaceae</i>	<i>Scutellospora</i>	
			<i>Orbispora</i>	
		<i>Racocetraceae</i>	<i>Racocetra</i>	
			<i>Cetraspora</i>	
		<i>Dentiscutataceae</i>	<i>Dentiscutata</i>	
		<i>Fuscutata</i>		
		<i>Quatumica</i>		
<i>Archaeosporomycetes</i>	<i>Archaeosporales</i>	<i>Archaeosporaceae</i>	<i>Archaeospora</i>	
			<i>Intraspora</i>	
		<i>Ambisporaceae</i>	<i>Ambispora</i>	
		<i>Geosiphonaceae</i>	<i>Geosiphon</i>	
<i>Paraglomeromycetes</i>	<i>Paraglomerales</i>	<i>Paraglomeraceae</i>	<i>Paraglomus</i>	

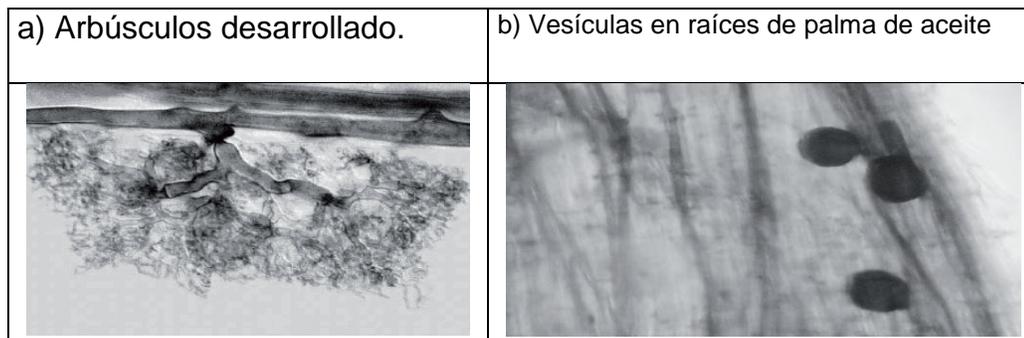
Fuente: The taxa *Archaeosporomycetes*, *Paraglomeromycetes*, *Gigasporales* and *Orbispora* are presented in this volume (Oehl et al. 2011).

²⁸ OEHL, F et al. Glomeromycota: Three new genera and glomoid species reorganized. *En: Mycotaxon*. 2011, vol. 116 no 1, p. 85.

2.5 LA SIMBIOSIS PLANTA-HONGO

Los Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (HFMA) se caracterizan por presentar un crecimiento intra e intercelular en la corteza de la raíz y por formar dos tipos de estructuras, arbuscúlos (Figura. 1a) y vesículas (Figura. 1b) ²⁹. Los arbuscúlos son hifas que se dividen dicotómicamente, son invaginados por la membrana plasmática de las células corticales y presentan periodos de vida cortos, mientras que las vesículas son estructuras de almacenamiento que se forman en la parte terminal de las hifas³⁰. Los géneros *Gigaspora* y *Scutellospora* no producen vesículas, en lugar de ellas forman células auxiliares ³¹. Las hifas externas pueden ser de tres tipos según su morfología y las funciones que llevan a cabo: Las hifas infectivas, son las que inician los puntos de colonización en una o varias raíces; las hifas absorbentes son las que se encargan de explorar el suelo para la extracción de nutrientes y las hifas fértiles son las que llevan las esporas ³².

Figura 1. Arbuscúlo y vesículas de HFMA en raíces colonizadas. Tomado de



Fuente: PETERSON, R; Larry. MASSICOTTE, Hugues B and MELVILLE, Lewis H. Mycorrhizas: anatomy and cell biology. Canada: CABI, 2004. p. 165.

²⁹ QUILAMBO, Orlando. The vesicular-arbuscular mycorrhizal simbiosis. En: Revista African Journal Biotechnology. 2003. vol. 2, no. 12. p. 539.

³⁰ BARKER, Susan Jane. TAGU, Denis and DELP, Gabriele. Regulation of root and fungal morphogenesis in mycorrhizal symbioses. En: Plant physiology, April, 1998, vol. 116, no 4, p. 1201.

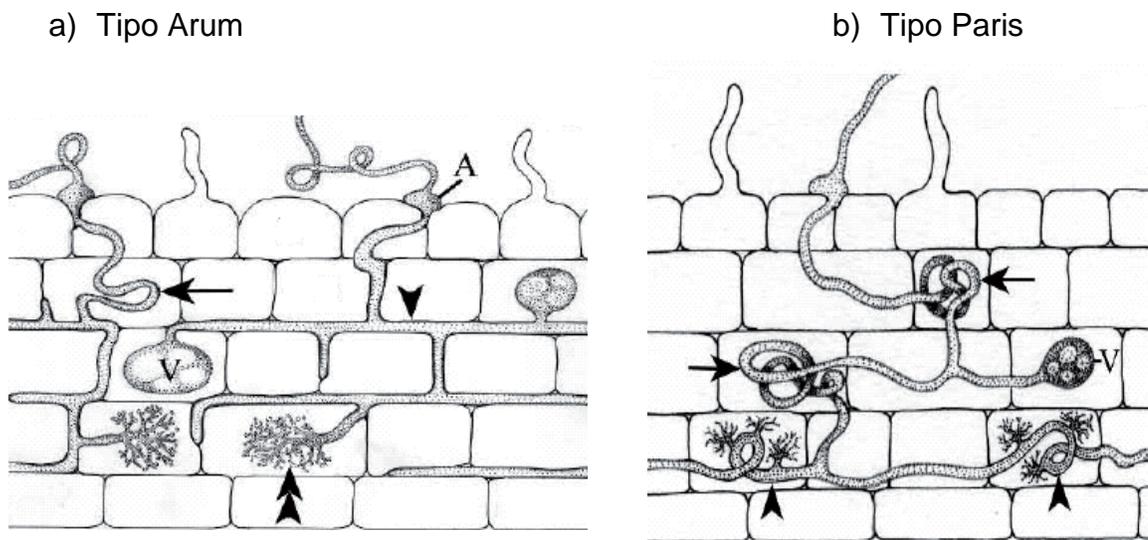
³¹ PETERSON, R; Larry. MASSICOTTE, Hugues B and MELVILLE, Lewis H. Mycorrhizas: anatomy and cell biology. Canada: CABI, 2004. p. 165.

³² INVAM (International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi). General life cycle and the structures formed. Internet: (<http://invam.caf.wvu.edu>). Julio/13/2013.

³³ PETERSON, L. Op. cit., 2004. p.17

Pueden observarse dos tipos morfológicos de colonización, el tipo “Arum” (Figura. 2a), donde las hifas presentan crecimiento intercelular y los arbusculos se encuentran dentro de las células corticales de la raíz; y el tipo “Paris” (Figura. 2b) en el cual las hifas presentan crecimiento intracelular al igual que los arbusculos, pero forman enrollamientos cuando están dentro de la célula ^{34,35, 36}.

Figura 2. Tipos de asociación micorrizica arbuscular. Tomado de ³⁷.



Fuente: PETERSON, R; Larry. MASSICOTTE, Hugues B and MELVILLE, Lewis H. *Mycorrhizas: anatomy and cell biology*. Canada: CABI, 2004. p. 165

³⁴ BARKER, Susan Jane TAGU, Denis and DELP, Gabriele. Regulation of root and fungal morphogenesis in mycorrhizal symbioses. *En: Plant physiology*, April, 1998, vol. 116, no 4, p. 1205.

³⁵ PETERSON, R; Larry. MASSICOTTE, Hugues B and MELVILLE, Lewis H. *Mycorrhizas: anatomy and cell biology*. Canada: CABI, 2004. p. 165.

³⁶ CAVAGNARO, Timothy Richard, et al. Morphology of arbuscular mycorrhizas is influenced by fungal identity. *En: New Phytologist*, 2001, vol. 151, no 2, p. 470.

³⁷ PETERSON, L. Op. Cit., p. 173.

2.6 INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DEL SUELO SOBRE LOS HFMA

Se ha observado que los parámetros poblacionales y la diversidad de los HFMA son fuertemente afectados por varios factores como: las propiedades del suelo, las condiciones ambientales, la especie de planta hospedadora y las plantas agrícolas en el caso de los cultivos^{38, 39}. Por otro lado⁴⁰, menciona que el cambio climático, la contaminación, los metales pesados y las relaciones bióticas con otros microorganismos del suelo influyen en el desarrollo de la asociación micorriza. De acuerdo con⁴¹, la precipitación tiene un efecto positivo sobre la densidad de esporas, pero no en el porcentaje de colonización. Además estos autores observaron que el contenido de humedad en el suelo tiene un efecto positivo sobre el número de esporas y en la colonización por HFMA.

Por otro lado^{42,43}, reportan que el pH del suelo afecta positivamente la densidad de esporas, pero el contenido de fósforo aprovechable tiene un efecto negativo sobre estas. También observaron una relación positiva entre el porcentaje de colonización y el contenido de carbono orgánico. A pesar de los reportes del efecto positivo del fósforo en la actividad de las micorrizas, algunos autores indican un efecto contradictorio⁴⁴, reporta que la micorrización es generalmente inhibida en suelos con un alto contenido en fósforo.

³⁸ LUGO, Mónica A. MAZA, Mirta E. González and CABELLO, Marta N. Arbuscular mycorrhizal fungi in a mountain grassland II: Seasonal variation of colonization studied, along with its relation to grazing and metabolic host type. En: Mycologia, 2003, vol. 95, no 3, p. 410.

³⁹ CHAURASIA, Bhaskar. PANDEY, Anita and PALNI, Lok Man S. Distribution, colonization and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with central Himalayan rhododendrons. En: Forest Ecology and Management, 21, Marzo, 2005, vol. 207, no 3, p. 317.

⁴⁰ JEFFRIES, P et al. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. En: Biology and fertility of soils, 2003, vol. 37, no 1, p. 10.

⁴¹ OLIVEIRA, Arlem Nascimento de and OLIVEIRA, Luiz Antonio de. Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in plants of *Theobroma grandiflorum* Schum and *Paullinia cupana* Mart. of an agroforestry system in Central Amazonia. En: Brazilian Journal of Microbiology. 2005, vol. 36 no 3, p. 265.

⁴² PANWAR, J and TARAFDAR, J. C. Distribution of three endangered medicinal plant species and their colonization with arbuscular mycorrhizal fungi. En: Journal of Arid Environments. 2006, vol. 65 no 3, p. 340.

⁴³ PANWAR, J and TARAFDAR, J. C. Ibid. p. 341.

⁴⁴ RODRÍGUEZ, I. CRESPO, G Y RODRÍGUEZ, C. Biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes pastizales. En: Revista cubana de ciencia Agrícola. 2002. Tomo 36, no. 4, p 403 – 408.

2.7 LAS MICORRIZAS Y ESPECIES DE PASTOS TROPICALES

Estudios realizados en suelos ácidos de Colombia han mostrado una correlación positiva entre abundancia y diversidad de HFMA, especialmente de los géneros *Acaulospora*, *Scutellospora* y *Entrophospora*, mientras que el pH del suelo presenta una correlación positiva con número total de esporas y número de espora del género *Glomus*, y correlación negativa con el número de esporas de los géneros *Entrophospora* y *Gigaspora* ⁴⁵.

En estudios sobre eficiencia de hongos micorrizicos arbusculares asociados a la producción de forraje en el pasto colosuana en fincas ganaderas de corozal, Colombia ⁴⁶ 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 HFMA disturbios en los géneros de *Glomus* y *gigaspora*, predominando este último género.

De otra parte, en estudios realizados por ⁴⁷ 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.

⁴⁵ RAMÍREZ, María Margarita y SERRALDE, Ana María. Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz (*Zea mays*) cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos. En: Revista Corpoica, Octubre, 2004, vol. 5, no 1. p. 37.

⁴⁶ PÉREZ C, Alexander. 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. Tesis de Maestría. Bogotá, Colombia.: Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias. Departamento de Ciencias Biológicas. 2003.

⁴⁷ PICONE, Chris. Diversity and abundance of arbuscular-mycorrhizal fungus spores in tropical forest and pasture. En: Biotropica. 2000. Vol. 32, no 4. p. 747.

En estudios realizados por ⁴⁸. Sobre HFMA asociado a los pastos Ángleton y Colosuana en los municipios de Tolú y Corozal, encontró un promedio de esporas/100gr. de suelo que oscilan entre 582-1448 y 735-1713 esporas y un porcentaje de infección en raíces que va de 35-50 y 50-75% en Ángleton y Colosuana respectivamente. El autor reporta que en Corozal encontró 444-2643 y 1160-6233 esporas/100gr. de suelo y de 68-82 y 45-76% de infección en raíces respectivamente.

En otros experimentos ⁴⁹ 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 defoliaciones hechas.

En estudios realizados por ⁵⁰ Encontraron que tres especies de pastos, sometidas a defoliaciones, responden diferentemente con respectos a los cambios en la dinámica de micorrización. En *DigitariayLolium* 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 defoliación.

⁴⁸ ESPITIA F Y MARTINEZ E. Identificación de géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) en las especies de pasto colosuana (*Bothrichloa pertusa*) y angleton (*dichanthium aristatum*) en los municipios de Corozal y Tolú, departamento de Sucre; Universidad de Sucre de Colombia. Tesis de pregrado, Facultad de educación y ciencias. Biotecnología, Sucre-Colombia. 2003, p. 58-59.

⁴⁹ EOM, Ahn-Heum. WILSON, Gail WT and HARTNETT, David C. Effects of ungulate grazers on arbuscular mycorrhizal symbiosis and fungal community structure in tallgrass prairie. En: Mycologia. 15, March, 2001, Vol. 93, no. 2, p. 237.

⁵⁰ JEFFRIES, P and BAREA, J. M. Arbuscular mycorrhiza—a key component of sustainable plant-soil ecosystems. En: The Mycota, 2001, vol. 9, p. 113.

Aunque la importancia de la simbiosis planta-hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) es reconocida a nivel mundial, existen algunos aspectos sobre la estructura y función de las comunidades en agroecosistemas tropicales que no han sido estudiados. En Colombia, la mayor parte de los estudios han estado relacionadas con los beneficios de la simbiosis en diferentes hospederos, especialmente en aspectos de productividad, nutrición vegetal y sustitución de fertilizantes, lo cual ha permitido determinar el potencial de uso de estos microorganismos en sistemas de producción convencional o en sistemas de producción limpia ⁵¹.

Actualmente, técnicas de biología molecular están siendo empleadas para demostrar que las especies de HFMA pueden encontrarse en diferentes ecosistemas, tener una distribución muy amplia y colonizar diferentes hospederos, es decir ser generalistas, o tener una distribución limitada, es decir ser especialistas ^{52,53}.

⁵¹ REY, Ana María. CHAMORRO, D y RAMÍREZ, M. Efecto de la doble inoculación de Rizobios y micorrizas sobre la producción y calidad del forraje de *Leucaena leucocephala*. En: Revista Corpoica, 2005, vol. 6, no 2. p. 53.

⁵² ÖPIK, M. MOORA, M et al. Composition of root colonizing arbuscular mycorrhizal fungal community's indifferent ecosystems around the globe. En: Journal of Ecology. 2006, Vol. 94 no 4, p. 779.

⁵³ APPOLONI, Susann, et al. Molecular community analysis of arbuscular mycorrhizal fungi in roots of geothermal soils in Yellowstone National Park (USA). En: Microbial ecology. 4, March, 2008, vol. 56, no 4, p. 649.

3. METODOLOGÍA

3.1 DESCRIPCION DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en el municipio de San Marcos, en zonas consuelos no compactados, Santa Inés (bosque) y la vereda Cañahuate, y suelos compactados de corregimientos aledaños (Puente Santa Inés y Buenavista) del municipio de San Marcos. Este municipio conforma la subregión San Jorge, se localiza al suroriente de Sincelejo a unos 80 km. La ubicación geográfica de este municipio corresponde a las coordenadas 08°40'0" N y 75°08'0" O, tiene una extensión de 534,54 Km², con una altitud de 25 metros sobre el nivel mar, con una temperatura promedio anual de 28.4°C, humedad relativa de 85% y una precipitación media anual de 1.120 mm⁵⁴. Según datos disponibles, el régimen de lluvias del municipio de San Marcos está caracterizado por dos periodos bien definidos, donde los meses más secos son: Diciembre, enero, febrero y marzo y los meses que representan más lluvias van de abril a octubre⁵⁵.

⁵⁴ SAN MARCOS-SUCRE. Alcaldía de San Marcos. San Marcos-Sucre. (10 Marzo de 2013) Disponible en: ([http://www.San Marcos-Sucre.gov.co/index.shtml](http://www.SanMarcos-Sucre.gov.co/index.shtml)).

⁵⁵ SAN MARCOS. Alcaldía de San Marcos. Plan Municipal de Desarrollo-Garantía de un Buen Gobierno. San Marcos-Sucre: escala, 2012 – 2015. p. 31.

3.2 AREA DE ESTUDIO

Los diferentes muestreos se realizaron en los meses de enero y mayo del 2012, en zonas de suelos no compactado y compactado del municipio de San Marcos, establecidos con pasto colosuana.

3.3 ETAPAS DE INVESTIGACION

El presente estudio se llevó a cabo en dos etapas investigativas: una de campo y una de laboratorio.

3.3.1 Desarrollo de la etapa de campo. El trabajo de campo se desarrolló de las siguiente etapas: recolección de información, muestreo.

3.3.1.1 Recolección de información. La recolección de información se llevó a cabo mediante visitas a las zonas, previamente diagnosticadas con presencia de pasto colosuana en el municipio de San Marcos- Sucre.

3.3.1.2 Muestreo. En cada zona establecida con pasto Colosuana en el municipio de San Marcos, se efectuó un muestreo representativo. En ellas se llevó a cabo un submuestreo en forma aleatoria a una profundidad de 0–25 cm, para esto se tomaron 6 puntos separados por una distancia de 100 m en forma de zigzag, donde en cada uno se colectó 3 submuestras de suelo con raíces y estas fueron separadas de este. Posteriormente estas submuestras se homogenizaron para conformar una muestra de cada zona con un peso aproximado de 2 Kg., las cuales se almacenaron en bolsas plásticas rotuladas, el parámetro a medir (densidad de esporas, porcentaje de colonización y factores fisicoquímicos) y fecha de recolección.

3.3.2 Desarrollo de la etapa de laboratorio. Las muestras recolectadas en cada una de las zonas seleccionadas del municipio de San Marcos, se dividieron en dos porciones homogéneas de 1 Kg de suelo. Un Kilo para la realización de análisis físico-químico y la otra parte para el respectivo análisis microbiológico.

3.3.2.1 Análisis Microbiológico. El análisis microbiológico se realizó en el Laboratorio de investigaciones microbiológicas de la Universidad de Sucre, como se describe a continuación.

3.3.2.2 Etapas del Procesamiento de las muestras. Las muestras de suelo previamente homogenizadas se procesaron de la siguiente forma: Tamizado, aislamiento de esporas de HFMA, conteo de esporas, porcentaje de colonización, separación de morfotipos y fijación de estos, tomas fotográficas para la posterior identificación de morfotipos a nivel de géneros HFMA y análisis físico-químicos de suelos.

- **Tamizado:** Las muestras de suelo homogenizadas provenientes de las diferentes zonas seleccionadas con pasto colosuana, se tamizaron con el propósito de separar partes gruesas del suelo como piedras, cascajo y las raíces.
- **Aislamiento de esporas:** tamizada las muestras, se efectuó el aislamiento de esporas, por medio de la técnica propuesta por⁵⁶. Por cada muestra se utilizó 100g de suelo, se depositaban en un pequeño balde, al cual se le adicionaba 1 litro de agua, se agitaba durante 30 min con la ayuda de un agitador mecánico, posteriormente la muestra se vertía por una serie de tamices con apertura en pulgadas. El de 180µm (0.0070) N° 80, 150µm (0.0059) N° 400 y 38µm (0.0015) N° 100.

⁵⁶ PÉREZ C, Alexander. 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. Tesis de Maestría. Bogotá, Colombia.: Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias. Departamento de Ciencias Biológicas. 2003.

El contenido de los tamices de 150 μ m y 38 μ m, se lavaban y se depositaban en tubos de centrífuga, se agitaban para remover el precipitado, seguidamente se adicionaba con una pipeta y una pequeña manguera desde el fondo de cada tubo, aproximadamente 6mL de solución de sacarosa 50%. Se centrifugo a 3500 rpm durante 5 min. Cada uno de los tubos de centrífuga se vertían por el tamiz de 38 μ m, se lavaron las esporas retenidas en el tamiz varias veces con agua destilada y el lavado se depositó en tubos de eppendorf, los cuales se rotularon con el número de la zona y su fecha de procesamiento y por último, se guardaban en la nevera hasta su posterior utilización.

- **Conteo:** de las muestras depositadas en los tubos de eppendorf, se tomaron 2 ml, los cuales se adicionaban en la cámara de Neubauer, para su respectivo conteo. Cada conteo se llevó a cabo 3 veces por cada muestra, y de esta forma se obtuvo un promedio general de esporas en 100g de suelo en cada zona.
- **Separación de Morfotipos:** seguido del conteo las muestras, se depositaron en cajas de petri, donde se observó al estereoscopio y por medio de una aguja de disección, los morfotipos se agrupaban con base a la semejanza en forma, color y tamaño de las esporas. Continuo a esto se utilizó la micropipeta con la cual se extraían las esporas y se depositaban en tubos de eppendorf con agua estéril. Estos se rotularon con el número de la zona, donde se aislaron las esporas y una breve descripción de cada morfotipos, y seguidamente eran guardados en la nevera para su posterior utilización. Los morfotipos que se aislaron se fijaron en láminas con alcohol polivinilico-lacto glicerol + reactivo melzer's, para la toma de fotografías e identificación.
- **Porcentaje de colonización:** para la determinación del porcentaje de colonización, se tomó raíces de 1cm de longitud, se depositaban en frascos previamente esterilizado, las raíces eran lavadas varias veces con agua,

Utilizando la técnica propuesta por ⁵⁷, para la tinción. La técnica consistió en añadir solución KOH al 10%, en un periodo de 24 horas, dado este tiempo las muestras, se lavaron tres veces con agua estéril, para eliminar exceso de reactivo, se adiciono HCl al 1% durante 30 minutos, se lavaron las raíces con agua estéril y por último se agregó azul de tripán a 0.1% en Lactofenol. Las raíces coloreadas por esta técnica, se tomaban en grupos de 10 raíces, se ubicaban paralelamente en las láminas, cubriéndose con cubreobjetos y estas se observaron al microscopio, con el objetivo de 40X, para la realización del respectivo conteo en 100 campos ordenadamente, para cada campo se observó y se contó los campos negativos y positivos. Donde el campo positivo, determino el tipo de estructura colonizante como: arbusculos, vesículas, hifas y esporas; y el campo negativo, indico ausencia de estructuras colonizantes. Para determinar el porcentaje de colonización de cada muestra se utilizó la siguiente fórmula:

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

⁵⁷ PÉREZ C, Alexander y VERTEL, M.M. Evaluación de la colonización de micorrizas arbusculares en pasto *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus. En: Revista MVZ Córdoba. Septiembre-Diciembre, 2010. vol.15, no. 3. p. 2166.

- **Identificación a nivel de Géneros de HFMA en la morfología de las esporas:** A partir de los morfotipos de esporas HFMA separadas, se realizó la ubicación taxonómicas, la cual consistió en observar en objetivos de 20X, 40X y 100X, y con la ayuda del micrómetro previamente calibrado se procedía a la medición de los diferentes morfotipos, en cuanto a forma de la espora, diámetro de la espora (μm), color, contenido citoplasmático, estructura superficial, características, composición y tipo de pared, ancho y tipo de la unión hifal, presencia de peridio y poro, se aplicó una presión suavemente con un lápiz para romper las paredes de la espora, se dejaba secar por 5 min, se observaban al microscopio y mediante claves desarrolladas por ^{58, 59,60, 61, 62, 63, 64}, sobre reorganización de especies de HFMA, se determinó los géneros, se tomaron fotos de las distintas esporas y los resultados se registraron en murogramas (ANEXO A).

⁵⁸ OEHL, F. SILVA, GA et al. Revision of *Glomeromyces* with entrophosporoid and glomoid spore formation with three new genera. En: Mycotaxon. 2011, vol. 117 no 1, p. 302.

⁵⁹ OEHL, F. SILVA, GA et al. Glomeromycota: Three new genera and glomoid species reorganized. En: Mycotaxon. 2011, vol. 116 no 1, p. 115.

⁶⁰ GOTO, BT. MAIA, LC and OEHL, F. *Ambispora brasiliensis*, a new ornamented species in the arbuscular mycorrhiza-forming *Glomeromyces*. En: Mycotaxon. 2008. vol. 105, p. 13.

⁶¹ OEHL, F. SIEVERDING, E et al. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. IMA Fungus. En: The Global Mycological Journal. 2011, vol. 2 no 2, p. 193.

⁶² SIEVERDING, Ewald and OEHL, Fritz. Revision of *Entrophospora* and description of *Kuklospora* and *Intraspora*, two new genera in the arbuscular mycorrhizal *Glomeromyces*. En: Journal of Applied Botany and Food Quality, February, 2006, vol. 80, no 1, p. 75.

⁶³ INVAM (International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi). General life cycle and the structures formed. Internet: (<http://invam.caf.wvu.edu>). Julio/13/ 2013.

⁶⁴ PEÑA, C et al. Micorrizas arbusculares de la Amazonia colombiana. Catálogo ilustrado. Instituto amazónico de investigaciones científicas–sinchi. 2006, p. 9.

- **Análisis físico-químico de suelos:** Las muestras de suelos homogenizadas provenientes de cada una de las zonas seleccionadas con pasto colosuana del municipio de San Marcos-Sucre, se enviaron al laboratorio de análisis de suelos y aguas Universidad de Sucre, para su posterior análisis físico- químico (pH, materia orgánica, fósforo, capacidad de intercambio catiónico, calcio, magnesio, potasio, sodio, textura, densidad aparente, densidad real, Porosidad total y % Humedad).

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Las relaciones entre los parámetros físico-químicos del suelo de las zonas muestreadas, con la densidad de esporas y porcentaje de colonización de HFMA en pasto colosuana, fueron determinadas mediante el coeficiente de correlación simple y significancia al nivel del 0,05. Se utilizó un diseño completamente al azar, empleando las zonas agroecológicas como tratamientos y repeticiones diferentes por tratamiento, los conteos de esporas y porcentaje de colonización realizados para cada zona. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de tratamientos Tukey al nivel del 5% de significancia, para verificar el efecto de los tratamientos, sobre la densidad de esporas y porcentaje de colonización HFMA en pasto colosuana. La riqueza de especies de HFMA en cada zona, se determinó mediante el índice de Margalef.

Se seleccionaron aquellos parámetros del suelo, que de acuerdo con la revisión de literatura, podrían influir directa e indirectamente sobre el comportamiento de las poblaciones de HFMA.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LOS SUELOS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.

En el municipio de San Marcos, fueron muestreadas cuatro zonas correspondientes a corregimientos y vereda, y que de acuerdo al estado, uso y manejo del suelo, fueron clasificadas como compactadas y no compactadas. En Los resultados de los análisis fisicoquímicos de los suelos, se encontró que las zonas, presentan un rango de pH de muy fuertemente ácido a medianamente ácido, el contenido de materia orgánica y fósforo, registro valores de bajo a muy bajo, la capacidad de intercambio catiónico de bajo a muy bajo, en relación al calcio se obtuvieron valores de muy bajo a bajo, el Mg registra valores de muy bajo, bajo y medio, el contenido de potasio se presenta en los rangos de adecuado, moderado y muy bajo, el sodio se encuentra en valores de alto pero no excesivos a contenido moderado, bajo y muy alto o excesivo, por otro lado la textura del suelo en su mayor parte es Franco Arenoso, presentándose también textura Franco Arcilloso y Arenoso Franco, con respecto a la porosidad total se da en rangos de muy baja a satisfactoria, contenidos de humedad de bajos a muy bajos, la densidad aparente de los suelos presenta valores de altos a moderados y con respecto a la densidad real del suelos esta se registra como adecuada (Anexo B). Los suelos no compactados muestreados del municipio de San Marcos, no han sido intervenidos o explotados con fines agrícolas y ganaderos. Con respecto a los suelos compactados seleccionados, han sido objeto de explotación ganadera, sin la implementación de prácticas agrícolas que conlleven a mejorarlas propiedades fisicoquímicas del suelo, razón por la cual estos suelos presentan altos grados de compactación.

En la ganadería bovina del municipio de San Marcos, se utiliza como fuente de alimentos pastos naturales y mejorados, encontrándose en la pastura natural (gramalote, canotillo, lambe lambe, gallina de punta, pasto colosuana) y en las

mejoradas (brachiarias, angleton, guinea, climacuna, pasto colosuana), resaltando que el pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus) no es el más adaptado en esta zona.

4.2 DENSIDAD DE ESPORAS

En la tabla 2 se relacionan los resultados de densidad promedios esporas en los suelos muestreados en cada zona.

Tabla 2. Número de esporas/ 100g de suelos de HFMA en las diferentes zonas muestreadas.

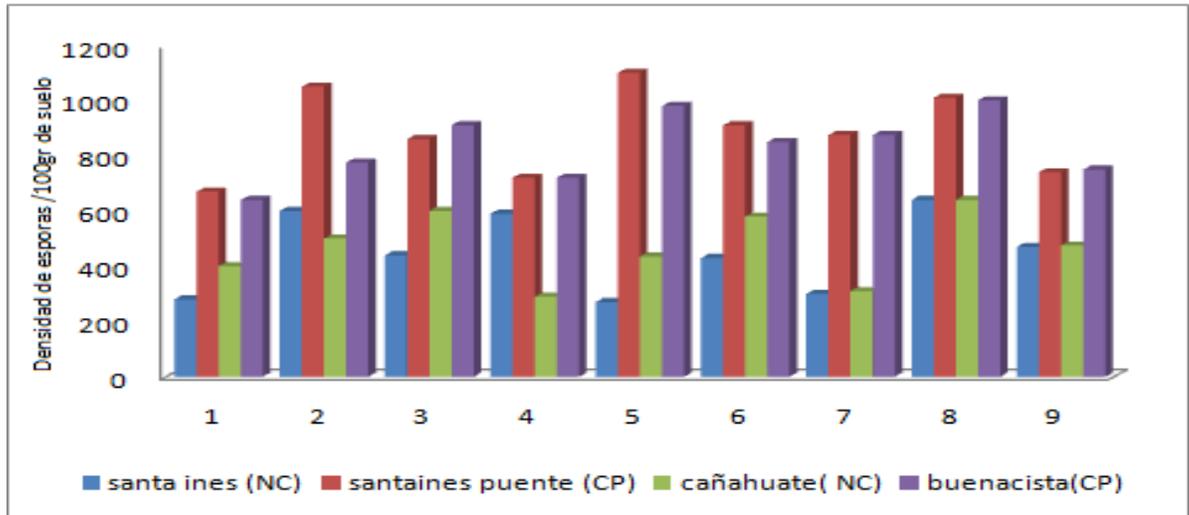
ZONAS CONTEO	SANTAINES (NC)			SANTAINES PUENTE (CP)			CAÑAHUATE (NC)			BUENAVISTA (CP)		
1	280	600	440	670	1050	860	400	500	600	640	775	910
2	590	270	430	720	1100	910	290	435	580	720	980	850
3	300	640	470	875	1010	740	310	640	475	875	1000	750
RANGO DE DENSIDAD	280-590			670-1100			290-640			640-1000		
PROMEDIO	446,66			881,66			470.00			833,33		

NC: NO COMPACTADO CP: COMPACTADO

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Con los resultados obtenidos en la tabla 2, se graficó para observar el comportamiento de la densidad de esporas en cada zona. Figura 3.

Figura 3. Representa el número de esporas/g de suelo de HFMA en función de las zonas muestreadas.



Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Según la Tabla 2 y la figura 3, la densidad promedio de esporas de micorrizas arbusculares asociadas al pasto colosuana, se encontró un mayor rango de densidad, en los suelos de zonas compactadas, Santa Inés-puente y Buenavista (670-1100,640-1000 esporas/100gr de suelo), que con respecto a las zonas de suelos no compactados Santa Inés y Cañahuate que registraron (280-590, 290-640 esporas/ 100 gr de suelo), respectivamente.

Al realizar el análisis de varianza, de densidad promedio de esporas de HFMA asociadas al pasto colosuana entre zonas, se encontraron diferencias altamente significativas ($p=0,000000009$), entre las densidades promedios de esporas, entre las zonas (Anexo C). La prueba de Tukey (Anexo D), señaló que las zonas de Santa Inés y Cañahuate, presentaron los menores valores de densidad de esporas, mientras que las zonas de Santa Inés-puente y Buenavista, tuvieron los máximos valores de densidad.

Estos resultados concuerdan con los expuestos por ⁶⁵, quien 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. Se puede inferir que la zona de Cañahuate a pesar de no ser un bosque, como Santa Inés, su suelo es nativo (no compactado), debido a que no ha sido intervenido en cuanto a la realización de actividades agrícolas y ganaderas, que pudieran afectar las condiciones fisicoquímicas del suelo, consecuencia por la cual pudo haber presentado valores bajos de densidad de esporas.

⁶⁵ PICONE, Chris. Diversity and abundance of arbuscular-mycorrhizal fungus spores in tropical forest and pasture. En: *Biotropica*. 2000. Vol. 32, no 4. p. 741.

4.3 PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN

En la tabla 3, se registran los Porcentaje de colonización de HFMA en raíces de pasto colosuana, determinados en las distintas zonas de estudio.

Tabla 3. Porcentaje de colonización de HFMA en raíces de pasto colosuana.

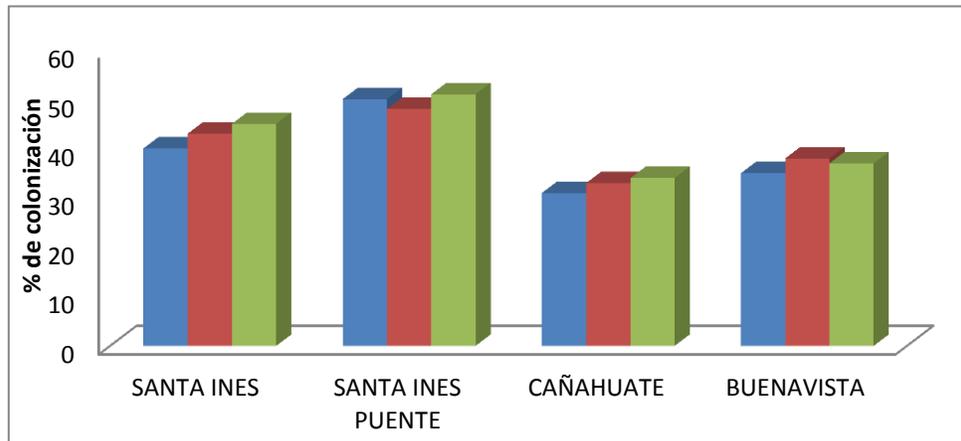
ZONAS CONTEO	SANTAINES (NC)	SANTAINES PUENTE (CP)	CAÑAHUATE (NC)	BUENAVISTA (CP)
1	40	48	31	35
2	43	51	34	38
3	45	50	33	37
RANGO DE COLONIZACIÓN	40-45	48-51	31-34	35-38
PROMEDIO	42,66	49,66	32,66	36,66

NC: NO COMPACTADO CP: COMPACTADO

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Con los datos obtenidos en la tabla 3, se graficó para observar el porcentaje de colonización de HFMA en cada una de las zonas muestreadas. Figura 4.

Figura 4. Representa el porcentajes de Colonización de HFMA asociados al pasto colosuana en función de las zonas de estudio.



Fuentes: Jiménez R y Núñez A

De acuerdo con la Tabla 3 y la figura 4, se relaciona el porcentaje de colonización de HFMA en raíces de pasto colosuana en cada una de las zonas muestreadas, compactadas y no compactadas del municipio de San Marcos, se encontró un mayor rango de porcentaje de colonización en la zona de suelo compactado de Santa Inés-puente (48-51 %). Observándose también que la zona de suelo no compactado de Santa Inés, presento mayor porcentaje de colonización (40-45 %), que la zona de suelo compactado de Buenavista, que registró (35-38 %) y la menor colonización se obtuvo, en el suelo no compactado de cañahuate (31-34%).El grado de colonización total, encontrado en el pasto colosuana se encuentra en la categoría media que va de (20,1-50%) ⁶⁶.

En relación al análisis de varianza de porcentaje de colonización de HFMA en raíces de pasto colosuana entre zonas, se determinó que existen diferencias altamente significativas ($p=0,00005$), entre los porcentajes promedios de colonización entre las zonas (Anexo E). La prueba de Tukey (Anexo F), demostró que las zonas de Cañahuate y Buenavista, registraron los valores más bajos de

colonización, siendo el primero de suelo no compactado y el segundo de suelo compactado. Mientras que las zonas de Santa Inés-puente y Santa Inés, tuvieron los máximos valores de colonización de HFMA en raíces, donde Santa Inés presenta un suelo no compactado y el puente Santa Inés un suelo compactado.

⁶⁶ NICHOLSON, T. N and SCHENCK, N. C. Endogonaceus mycorrhizal endophytes in Florida. En: Mycologia. 1979, vol. 71, p. 181.

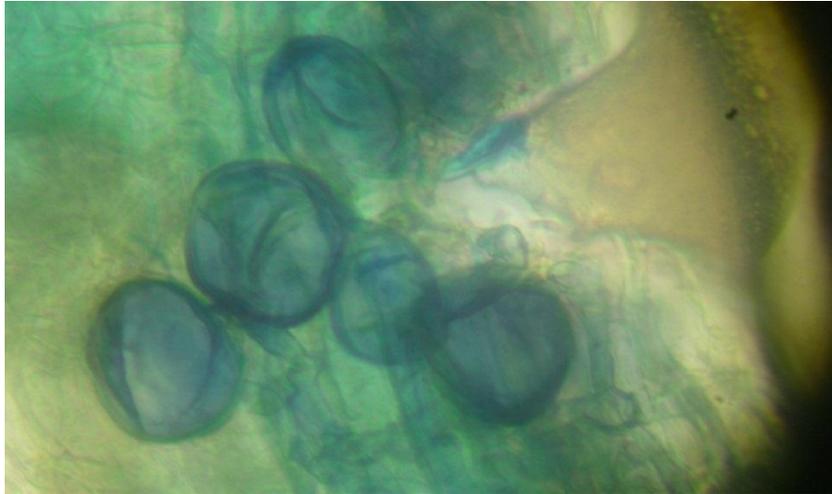
Se esperaba que la prueba Tukey, no mostrara diferencias significativas en el porcentaje de colonización de HFMA entre suelos, que presentaran el mismo estado de compactación o no compactación, por tanto se puede sugerir que el estado del suelo, necesariamente no va a determinar un mayor o menor porcentaje de colonización en raíces, esto se soporta con lo expuesto por ⁶⁷, quien supone que otros factores que pueden afectar positiva o negativamente la estructura y diversidad de comunidades de HFMA, son las poblaciones de otros microorganismos del suelo, y por ⁶⁸, quien reporta que en general, los endófitos más infectivos no tienen que ser los más efectivos, puesto que el grado de infección que va a alcanzar una planta va a estar determinado por sus propias características fisiológicas y genéticas.

⁶⁷ GARBAYE, J. Helper bacteria-a new dimension to the mycorrhizal symbiosis. En: New Phytol. October, 1994, vol. 128, p. 200.

⁶⁸ AZCON, R. BAREA, J. M and HAYMAN, D. S. Utilization of rock phosphate in alkaline soils by plants inoculated with mycorrhizal fungi and phosphatase-solubilizing bacteria. En: Soil Biol-Biochem 1976, vol. 8, p. 137.

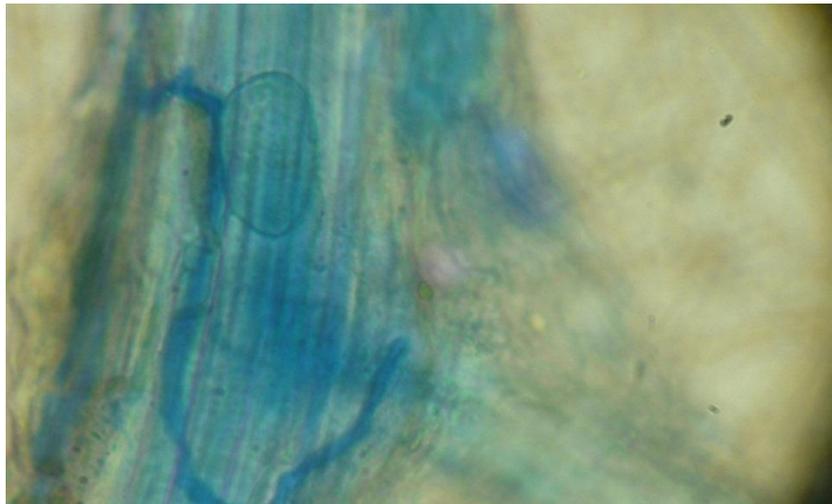
En las figuras 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13, se presentan algunas estructuras colonizantes de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (H.F.M.A.) asociados a la rizósfera de pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus) en suelos compactados y no compactados del municipio de San Marcos.

Figura 5. Vesículas de HFMA



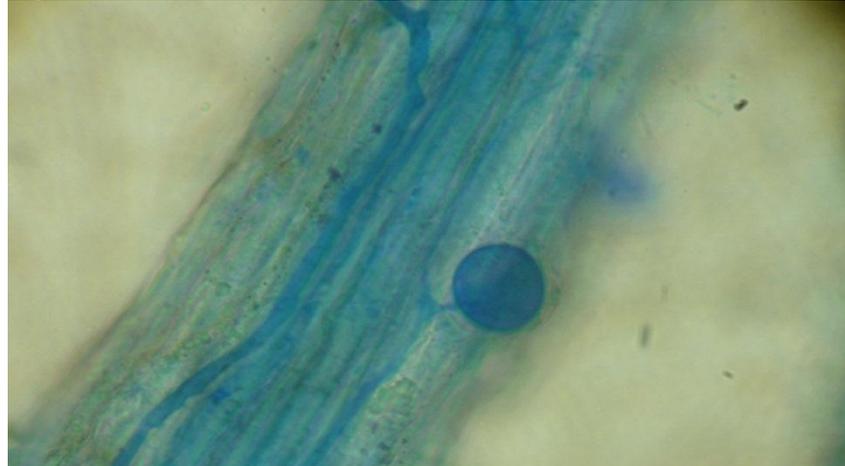
Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)

Figura 6. Vesícula e Hifa formada de HFMA:



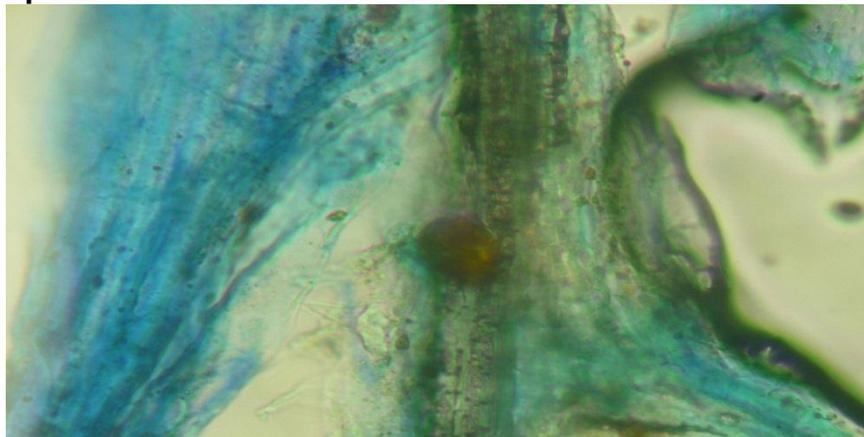
Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)

Figura 7. Espora e Hifa formada de HFMA



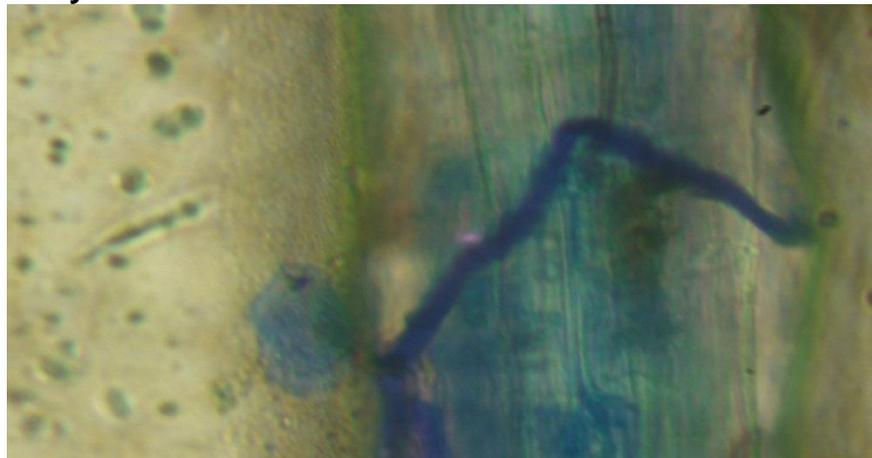
Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Cañahuate (suelo no compactado)

Figura 8. Espora de HFMA



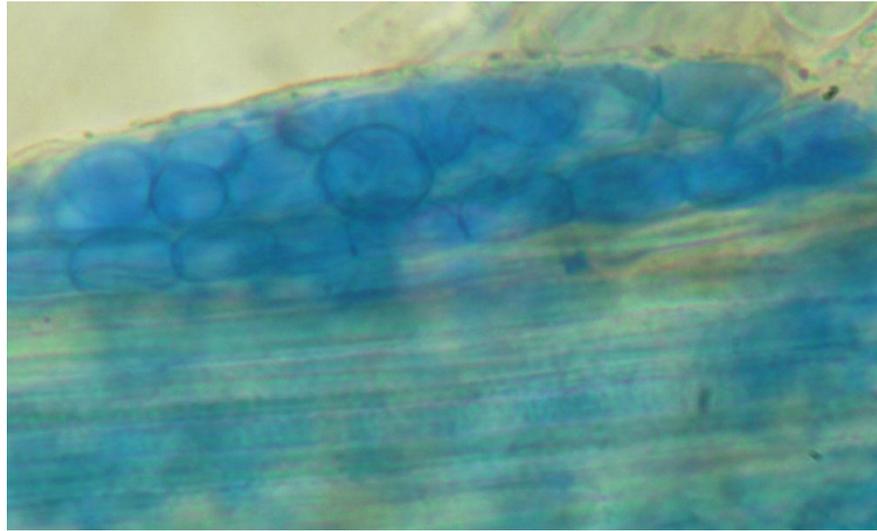
Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)

Figura 9. Hifa y vesícula de HFMA



Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Santa Inés-puente (suelo compactado)

Figura 10. Vesículas de HFMA



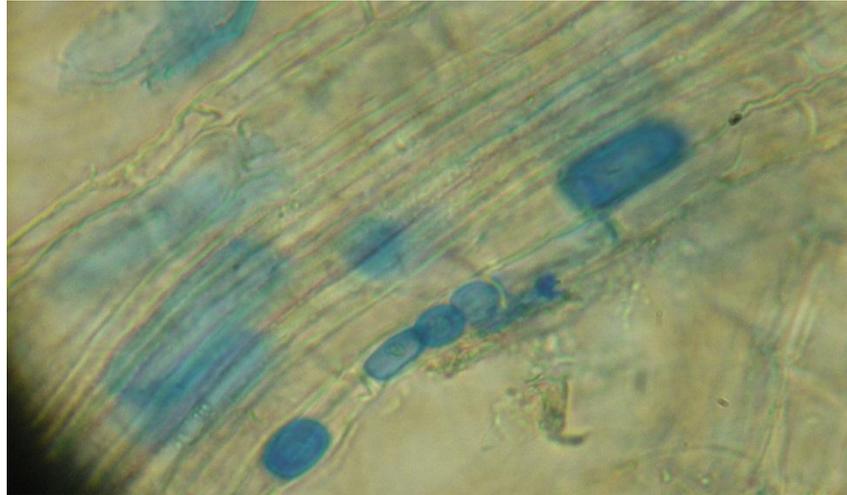
Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Cañahuate (suelo no compactado)

Figura 11. Espora de HFMA



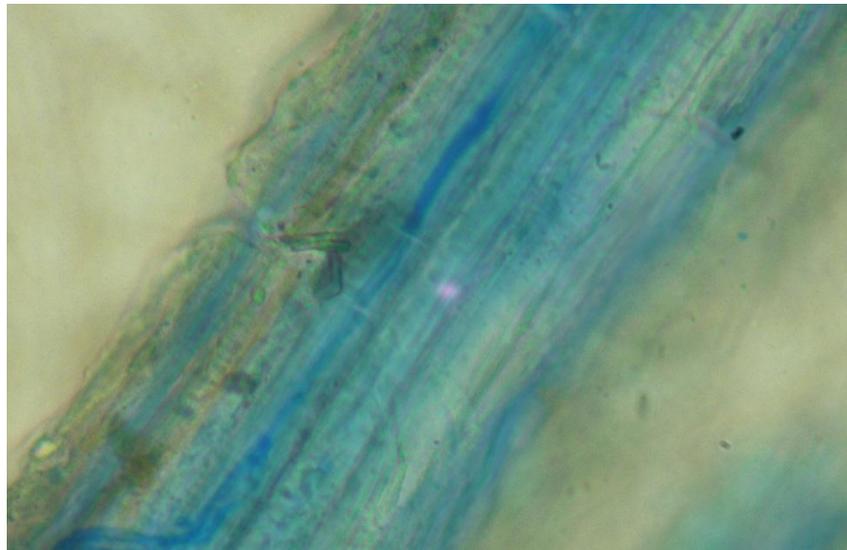
Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Santa Inés-puente (suelo compactado)

Figura 12. Vesícula y espora de HFMA



Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Buenavista (suelo compactado)

Figura 13. Hifa de HFMA



Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Buenavista (suelo compactado)

4.4. CORRELACIONES ENTRE LA DENSIDAD DE ESPORAS DE HFMA Y PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL SUELO.

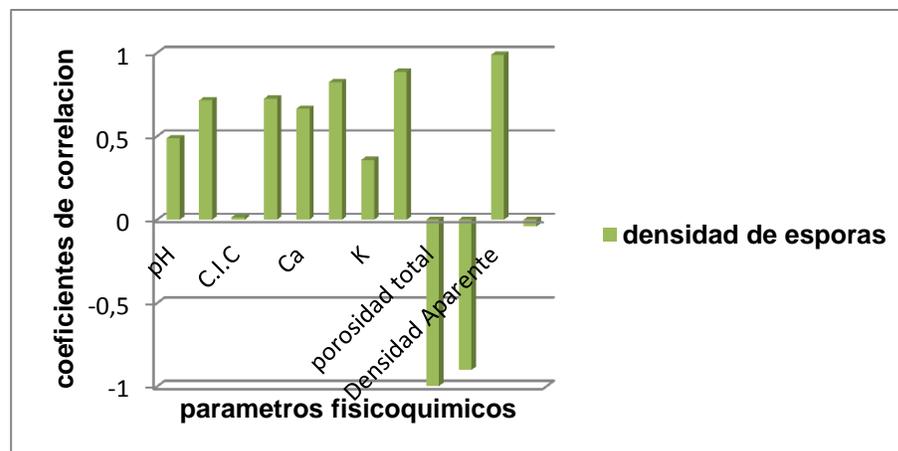
En el cuadro 1, se observan los resultados de coeficientes de correlación entre la densidad de esporas de HFMA, con los parámetros fisicoquímicos de las zonas.

Cuadro 1. Coeficientes de correlación de densidad de esporas en función a los parámetros fisicoquímicos de los suelos de las zonas.

	densidad de esporas
pH	0,488203177
MO	0,715503638
C.I.C	0,015102135
P	0,725967461
Ca	0,665086191
Mg	0,823927318
K	0,358748449
Na	0,886804215
porosidad total	-0,996535421
Humedad	-0,900005866
Densidad Aparente	0,987800581
Densidad Real	-0,041160376

De acuerdo a los resultados del cuadro 1, se graficó los coeficientes de correlación de densidad de esporas en función de parámetros fisicoquímicos de suelo, figura 14.

Figura 14. Correlación entre densidad de esporas de HFMA, con los parámetros fisicoquímicos del suelo en las zonas muestreadas.



Los coeficientes de correlación de densidad de esporas, en relación con los parámetros fisicoquímicos de los suelos de las zonas, muestran que la densidad de esporas presenta una correlación positiva significativa con: la materia orgánica, fósforo, calcio, magnesio, sodio, densidad aparente y una correlación negativa significativa, con la porosidad total y porcentaje de humedad, por el contrario no se registró correlación significativa con el pH, CIC, potasio y densidad real (Anexo G), Figura 14.

4.4.1 Densidad de esporas en base a la textura del suelo. En el cuadro 2. Se evidencia la densidad de esporas de HFMA, en relación al tipo de textura del suelo en las distintas zonas: Arenoso Franco (AF), Franco Arenoso (FA) y Franco Arcilloso (FAr).

Cuadro 2. Relación de la densidad de esporas de acuerdo a la textura del suelo de cada zona.

	SANTA INES	CAÑAHUATE	BUENAVISTA	PUENTE
Densidad de esporas	446,66	470	833,33	881,66
Textura	AF	FAr	FA	FA

4.4.2 Valores de densidad de esporas de HFMA en las zonas, explicados con base a los parámetros fisicoquímicos del suelo, que presentaron correlaciones significativas con la variable biológica. Los mayores valores de densidad de esporas de HFMA, se encontraron en las zonas de Santa Inés- puente y Buenavista (suelo compactado), cuando se dan contenidos bajos de materia orgánica, valor bajo y moderado de magnesio, registró bajo y muy bajo de calcio, fósforo en presencias bajas, sodio en contenido alto pero no excesivo a muy alto o excesivo, suelo con textura Franco Arenoso, rangos de porosidad total muy bajos, porcentajes de humedad muy bajos y altos valores de densidad aparente en los

suelos. Las menores densidades de esporas se encontraron en Cañahuate y Santa Inés (suelo no compactado), donde se hallaron valores muy bajos de magnesio y calcio, registró bajo a muy bajo de materia orgánica, contenido bajo y muy bajo de fósforo, valor bajo a moderado de sodio, textura de de suelo Franco Arcillosa a Arenoso Franco, valores de porosidad satisfactorios, porcentajes de humedad bajos y registro moderados de densidad aparente (Anexo B) cuadro 1 y 2.

Según el Anexo G. En la presente investigación, se determinó que la materia orgánica presenta una correlación directa significativa, con la densidad de esporas de HFMA. Lo anterior es justificado por lo dicho por ^{69,70}, Con relación a la materia orgánica, esta influye en la estructura del suelo, el pH, el perfil de nutrientes y la capacidad de retención de humedad del suelo, lo que puede hacer que actúen directa y/o indirectamente influenciando el desarrollo y la eficiencia de las MVA. Al igual el fósforo, magnesio, calcio y sodio, están correlacionados directamente con la densidad de esporas de HMA, lo expuesto con cuerda con los estudios realizados por ⁷¹, al evaluar la densidad poblacional de esporas de HFMA asociados a la rizósfera del pasto Angleton (*Dichanthium*), en suelos de fincas ganaderas del municipio de Tolú en función de parámetros físicos-químicos, mostró que las mayores densidades de esporas en el suelo, se presentaron en las fincas donde se dan contenidos de fósforo adecuados a alto, contenidos moderados a alto de calcio, magnesio y sodio de contenidos moderados a altos.

⁶⁹ ARORA, Dilip K. MARTH, Elmer H and MUKERJI, K. G. Handbook of applied mycology. New York 3. Foods and feeds. 199, p. 3.

⁷⁰ JEFFRIES, P. and BAREA, J. M. Arbuscular mycorrhiza—a key component of sustainable plant-soil ecosystems. En: The Mycota, 2001, vol. 9, p. 98.

⁷¹ PÉREZ C, Alexander and PEROZA, V.C. Micorrizas arbusculares asociadas al pasto angletón en fincas ganaderas del municipio de Tolú, Colombia. En: Revista MVZ Córdoba. Enero-Abril, 2013. vol. 18, no. 1. p. 3364.

Por otra parte, la correlación positiva y significativa que presento la densidad de esporas de HFMA con la densidad aparente, concuerda con lo encontrado por ⁷², quienes construyeron modelos matemáticos para evaluar la densidad poblacional de esporas de HFMA en pasto angletón en suelos de fincas ganaderas del municipio de Tolú en función de parámetros físicos-químicos, indicando que el mayor número de esporas de HFMA en los suelos, está directamente relacionado con valores de densidad aparente y la concentración de los elementos intercambiables como magnesio (Mg), sodio (Na).

Con respecto a la porosidad total, se encuentra relacionada inversamente y significativamente, con la densidad de esporas de HFMA, indicando que los mayores rangos de densidad se registran en los suelos con muy baja porosidad, debido a la alta densidad aparente (Santa Inés-Puente y Buenavista), Anexo B. Los valores altos de densidad aparente son propios de suelos compactos y poco porosos, con aireación deficiente e infiltración lenta del agua, lo cual puede provocar, anegamiento, anoxia y que las raíces tengan dificultades para alongarse y penetrar hasta alcanzar el agua y los nutrientes necesarios. En estas condiciones, el desarrollo y crecimiento o de las plantas es impedido o retardado consistentemente ⁷³, probablemente la mayor densidad de esporas HFMA en estos suelos, se ha en respuesta a estos efectos adversos generados por la compactación en el sistema suelo-planta.

⁷² PEROZA C, Víctor y PÉREZ C, Alexander. Efecto de parámetros físicos, químico y salinidad sobre la densidad poblacional y la colonización de micorrizas arbusculares en pasto Angleton en el municipio de Tolú, Sucre, Colombia. En: Revista Colombiana Cienc. Anim. 2010. vol. 2, no. 2. p. 313.

⁷³ DONOSO Z, Claudio. Ecología forestal: el bosque y su medio ambiente. SANTIAGO-CHILE: fao, 1990, p. 271.

Cabe resaltar que los suelos de las zonas no compactadas de Santa Inés (bosque natura) y cañahuates, presenta una porosidad satisfactoria (Anexo B), que debió ser excelente por el hecho, de nunca haber sido explotados con fines agrícolas y ganaderos, este resultado, podría estar relacionado con una leve cohesión natural o adensamiento del suelo, dada la época en que se llevó a cabo el estudio (época seca).

Se determinó, que el %de humedad esta correlacionado significativamente y negativamente con la densidad de esporas, demostrando que las mayores densidades, se registraron en suelos con muy bajo % de humedad Santa Inés-Puente y Buenavista, (Anexo B), esto coincide con lo expuesto por ⁷⁴, según el cual el déficit de agua estimula la producción de esporas, lo cual explica una mayor densidad de HFMA en suelos con muy bajos % de humedad.

Con relación al tipo de textura Franco Arenoso, presento una correlación positiva y significativa con la densidad de esporas, (Cuadro 2) probablemente, se deba a que los suelos que presentaron en este estudio esta textura se determinó que son compactados. La compactación del suelo produce un aumento en su densidad (densidad aparente), aumenta su resistencia mecánica, destruye y debilita su estructuración todo eso hace disminuir la porosidad total y la macro-porosidad (porosidad de aireación) del suelo. Los efectos que la compactación produce, se traducen en un menor desarrollo del sistema radical, de las plantas y por lo tanto, un menor desarrollo de la planta en su conjunto, lo que redundo en una menor producción ⁷⁵.

⁷⁴ BONILLA, Ruth, et al. Utilización de hongos micorrizógenos en la producción agrícola. Boletín de investigaciones. Valledupar: CORPOICA, 2002. p. 23.

⁷⁵ MERLANO, O. A. Principios para la utilización de labranza conservacionista en los suelos de producción agrícola de la subregión sabanas del departamento de Sucre. Tesis de pregrado. Sucre, Colombia.: Universidad de sucre. Facultad de ingeniería. Departamento de ingeniería, 2005. p.162.

Por tanto se puede inferir que la mayor densidad de esporas de HFMA en texturas Franco Arenosos, es en respuesta a mejorar los efectos negativos causados por la compactación, dado que los HFMA juegan un papel importante, en la restauración de 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 ⁷⁶.

La correlación positiva, entre las texturas de suelo Franco Arenoso y densidad de esporas, puede estar también relacionada con la época en que se llevó a cabo la presente investigación (época seca), resaltando que los suelos Arenosos y Franco Arenosos tienen alta permeabilidad, es decir baja retención de agua ⁷⁷, pero debido a la compactación que presentan los suelos de clase textural Franco Arenosa en este trabajo, esto les confiere una baja permeabilidad, lo que se traduce en una alta retención de agua, lo que justifica, que la época de estudio, pudo haber influido positivamente en una mayor densidad de esporas en suelos compactados con textura Franco Arenoso. Según ⁷⁸ en verano 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 suelos compactados con textura Franco Arenoso.

⁷⁶ BOLAN, N. S. A. Critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. En: Plant and soil, 1991, vol. 134, no 2, p. 194.

⁷⁷ JONSON, L.J, Introductory Soil Science. Citado por CASTAÑEDA. J. En: técnicas y experimentos en edafología. España: Cataluña, 1986. p. 289.

⁷⁸ BONILLA, Ruth, et al. Utilización de hongos micorrizógenos en la producción agrícola. Boletín de investigaciones. Valledupar: CORPOICA, 2002. p. 23.

4.5. CORRELACIÓN DEL PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN DE HFMA CON PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL SUELO

En el cuadro 3 se observan los resultados de correlación entre el porcentaje de colonización de HFMA en raíces de pasto colosuana, en función de los parámetros fisicoquímicos de los suelos de las zonas.

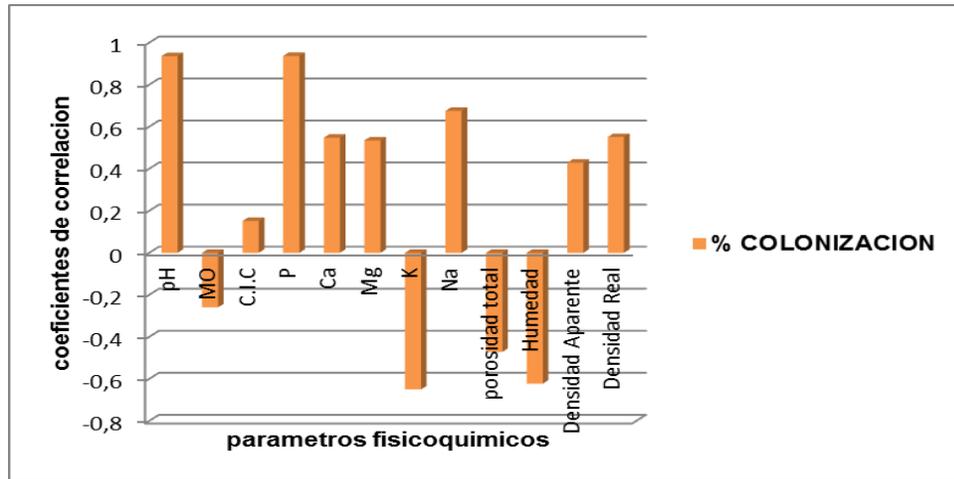
Cuadro 3. Coeficientes de correlación, de porcentaje de colonización de HFMA, en relación de los parámetros fisicoquímicos de los suelos.

	% COLONIZACION
pH	0,935813402
MO	-0,259170781
C.I.C	0,151925059
P	0,936528961
Ca	0,547699326
Mg	0,534757736
K	-0,64990495
Na	0,675648264
porosidad total	-0,471910941
Humedad	-0,622699639
Densidad Aparente	0,428293083
Densidad Real	0,550899389

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Con base a los resultados del cuadro 3, se graficó los coeficientes de correlación de porcentaje de colonización HFMA, en relación de los parámetros fisicoquímicos del suelo, Figura 15.

Figura 15. Correlación del porcentaje de colonización de HFMA, con los parámetros fisicoquímicos del suelo.



Fuentes: Jiménez R y Núñez A

En las correlaciones del porcentaje de colonización de HFMA en raíces de pasto colosuana, en relación de parámetros fisicoquímicos de los suelos de las zonas, se observó que la colonización presenta una correlación positiva significativa con el pH, fósforo, sodio y una correlación negativa significativa con el K y % de humedad, se evidencia también que la materia orgánica, CIC, calcio, magnesio, porosidad total, densidad aparente y densidad real no muestran una correlación significativa con esta variable biológica (Anexo H), Figura 15.

4.5.1 Porcentaje de colonización en base a la textura del suelo. En el cuadro 4 se presenta el Porcentaje de colonización de HFMA en relación al tipo de textura del suelo en las distintas zonas: Arenoso Franco (AF), Franco Arenoso (FA) y Franco Arcilloso (FAR)

Cuadro 4. % de colonización de cada zona según la textura de suelo presente.

	<i>SANTA INES</i>	<i>CAÑAHUATE</i>	<i>BUENAVISTA</i>	<i>PUENTE</i>
<i>% de colonizacion</i>	<i>42,66</i>	<i>32,66</i>	<i>36,66</i>	<i>49,66</i>
<i>Tex</i>	<i>AF</i>	<i>FAR</i>	<i>FA</i>	<i>FA</i>

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

4.5.2 Valores de colonización de HFMA en las zonas, explicados en la relación a los parámetros fisicoquímicos del suelo, que mostraron correlaciones significativas con la variable biológica en estudio. Los mayores porcentajes de colonización se registraron en las zonas (Santa Inés y Santa Inés puente), donde los suelos presentaron un pH medianamente ácido a muy fuertemente ácido, valores bajos de fósforo, potasio con contenido moderado a muy bajo, valor bajo de sodio a muy alto o excesivo, con una textura Franco Arenoso a Arenoso Franco y porcentajes de humedad de muy bajo abajo. Los menores porcentajes de colonización se determinaron en las zonas (Buenavista y Cañahuate), cuando se dan contenidos adecuado de potasio, valor alto pero no excesivo y moderado de sodio, con pH muy fuertemente ácido y valores de fósforo de bajo a muy bajo, con textura Franco Arcillosa a Franco Arenoso y registro de porcentajes de humedad de bajo a muy bajo, (Anexo B), cuadro 3 y 4.

De acuerdo al Anexo H, en este estudio el pH, está directamente correlacionado con el porcentaje de colonización de HFMA, dado que en la medida que aumenta el pH, aumenta el porcentaje de colonización, la estructura del suelo de las zonas muestreadas varía de Franco Arenoso, Arenoso Franco y Franco Arcilloso, resaltando que los valores de colonización determinados están en un rango medio según⁷⁹. La textura del suelo tipo Franco Arenoso y Arenoso Franco, (Cuadro 4) influyen positivamente en el porcentaje de colonización. El potasio presenta una correlación inversa significativa con el porcentaje de colonización. Lo expuesto anteriormente concuerda con lo reportado por⁸⁰, los cuales evaluaron la colonización in situ de Micorrizas Arbusculares en raíces del pasto colosua en

función de factores físico-químicos de suelo, en fincas ganaderas de cuatro zonas agroecológicas, de la subregión fisiográfica de Sabanas, encontrando que los mayores porcentajes de colonización, se hallaron en las fincas que presentaron pH medianamente alcalino, también analizaron los porcentajes de colonización, con los tipos de textura de los suelos observando fincas con textura Franco-Arenoso con altos porcentaje de colonización, determinaron que fincas en presencia de bajos contenidos de Potasio, están presentes altos porcentajes de colonización.

⁷⁹ NICHOLSON, T. N. and SCHENCK, N. C. Endogonaceus mycorrhizal endophytes in Florida. En: Mycologia. 1979, vol. 71, p. 185.

⁸⁰ PÉREZ C, Alexander y VERTEL, M.M. Evaluación de la colonización de micorrizas arbusculares en pasto *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus. En: Revista MVZ Córdoba. Septiembre-Diciembre, 2010. vol.15, no. 3. p. 2170.

Con respecto a el efecto positivo significativo del sodio sobre el porcentaje de colonización, este resultado se soporta con lo encontrado por⁸¹, quienes crearon modelos matemáticos para predecir el % de colonización de HFMA en raíces de pasto angletón, en función de parámetros físicos-químicos de suelos de fincas ganaderas del municipio de Tolú, señalando en ese modelo que los valores de sodio intercambiable están directamente relacionadas con el porcentaje de colonización de HFMA.

La correlación directa significativa, que se presentó entre el porcentaje de colonización y el fósforo, esta respuesta positiva tiene límites, puesto que en suelos que sobrepasan un contenido de P disponible de 50 mg/Kg, la colonización y los beneficios de los HFMA decrecen rápidamente ^{82, 83, 84}. Los altos y bajos niveles de fósforo y la fertilización nitrogenada disminuyen el porcentaje de infección de las micorrizas, mientras que niveles moderados de P incrementa los niveles de nitrógeno y la infección por estos hongos ⁸⁵.

81 PEROZA C, Víctor y PÉREZ C, Alexander. Efecto de parámetros físicos, químico y salinidad sobre la densidad poblacional y la colonización de micorrizas arbusculares en pasto Angleton en el municipio de Tolú, Sucre, Colombia. En: Revista Colombiana Cienc. Anim. 2010. vol. 2, no. 2. p. 320.

82 SIQUEIRA, J. Micorrizas. La nueva tecnología biológica para una caficultura sostenible, segundo seminario internacional. Popayán. 2000.

83 SIEVERDING, E. Vesicular–arbuscular micorriza management in tropical agroecosistem. En: GTZ Federal Republic of Germany. 1991. p. 370.

84 SÁNCHEZ De P M. Y GÓMEZ L., E. D. El suelo: un sistema vivo. Cuaderno ambiental. Palmira-cali. Instituto de Estudios Ambientales. 2000, p.14.

85 SAFIR, G and DUNIWAY, J. M. Evaluation of plant response to colonization by vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi, environmental variables. En: Schenck, N.C. 1982. p. 244.

El porcentaje de humedad del suelo, presento una correlación negativa significativa con el porcentaje de colonización de HFMA, demostrando que el mayor porcentaje de colonización, se obtienen en Santa Inés-puente, cuando se da un % de humedad en el suelo muy bajo (Anexo B),esto podría estar influenciado por el hecho de que en esta zona se encontró la mayor densidad de esporas de HFMA ya que según ⁸⁶, las plantas bajo condiciones de estrés hídrico , el número de esporas ambientales juegan un papel importante en la formación de unidades formadoras de infección. Resultados similares fueron obtenidos por⁸⁷, quienes evaluaron la colonización de HFMA asociados a raíces de pasto colosuana y angleton en fincas ganaderas de los municipios de corozal y de tolú en función de parámetros fisicoquímicos de los suelos, encontrándose los mayores porcentajes de colonización en las fincas de corozal, en las cuales se presentaron contenidos bajos de humedad, p y materia orgánica. Hasta el punto que, Estudios realizados han considerado que contenidos 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, ^{88, 89,90}.

⁸⁶ BONILLA, Ruth, et al. Utilización de hongos micorrizógenos en la producción agrícola. Boletín de investigaciones. Valledupar: CORPOICA, 2002.

⁸⁷ ESPITIA F. Y MARTINEZ E. 2003. Identificación de géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) en las especies de pasto colosuana (*Bothrichloa pertusa*) y angleton (*dichanthium aristatum*) en los municipios de Corozal y Tolú, departamento de Sucre; Universidad de Sucre de Colombia. Tesis de pregrado, Facultad de educación y ciencias. Biotecnología, Sucre-Colombia. p. 58-59.

⁸⁸ SAFIR, G. AND DUNIWAY, J. M. Evaluation of plant response to colonization by vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi, environmental variables. Florida. En: Schenck, N.C. 1982. p. 244.

⁸⁹ TANG, Fen. WHITE, Jennifer A. AND CHARVAT, Iris. The effect of phosphorus availability on arbuscular mycorrhizal colonization of *Typha angustifolia*. En: Mycologia, November-December 2001, vol. 93, no. 6. p. 1045.

⁹⁰ WHETTEN. R AND ANNE. J. A. Theoretical considerations in the commercial utilization of mycorrhizal fungi. Citado por ARORA, Dilip; ELANDER, Richard and MUKERSI, K. G. Handbook of applied mycology. New York. En: Fungol Biotechnology. 1992. Vol. 4. 1114 p. 850.

4.6 CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES BIOLÓGICAS

En el cuadro 5 se presenta la relación entre las variables biológicas, densidad de esporas y porcentaje de colonización de HFMA.

Cuadro 5. Coeficiente de correlación, de densidad de esporas y porcentaje de colonización de HFMA.

COEFICIENTE DE CORRELACION Y SIGNIFICANCIA AL NIVEL DEL 0,05	DENSIDAD DE ESPORAS
PORCENTAJE DE COLONIZACION	0,464939774

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Este resultado muestra, que no existe una correlación significativa al nivel de confianza del 0,05 (Anexo I) y cuadro 5, entre la densidad de esporas y el porcentaje de colonización de HFMA, lo expuesto concuerda con lo mencionado por⁹¹, quien afirma que el número de esporas presentes en el suelo no siempre está relacionado con presencia de HFMA en raíz, ya que en algunas especies la producción de esporas ocurre después de que es alcanzado el umbral de colonización, y además la producción de esporas está influenciada y puede ser afectada por diversos factores.

⁹¹ LEÓN, D. Evaluación y caracterización de micorrizas arbusculares asociadas a Yuca (*Manihot esculenta* Sp) en dos regiones de la Amazonia Colombiana. Tesis de grado. Bogota, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Microbiología Agrícola y Veterinaria. 2006.

El porcentaje de colonización varía en diferentes especies^{92, 93, 94, 95, 96, 97}. Esto es importante en los estudios de HFMA, ya que un número alto de esporas en el suelo no es criterio suficiente para decir que hay una colonización eficiente dentro de la raíz.⁹⁸

⁹² ABBOT, L. K & ROBSON, A. The effect of root density, inoculum placement and infectivity of inoculum on the development of vesicular- arbuscular mycorrhizal. En: New Phytologist, 18, January, 1984 Vol 97, p 288.

⁹⁴ MCGEE, P. A. Variation in propagule numbers of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in a semi-arid soil. En: Mycological Research. January, 1989, vol. 92, no 1, p. 30.

⁹⁵ GAZEY, C. ABBOT, L and ROBSON, A. The rate of development of mycorrhizal affects the onset of sporulation and production of external hyphae by two species of Acaulospora. En: Mycological Research. August, 1992. vol. 96, p. 648.

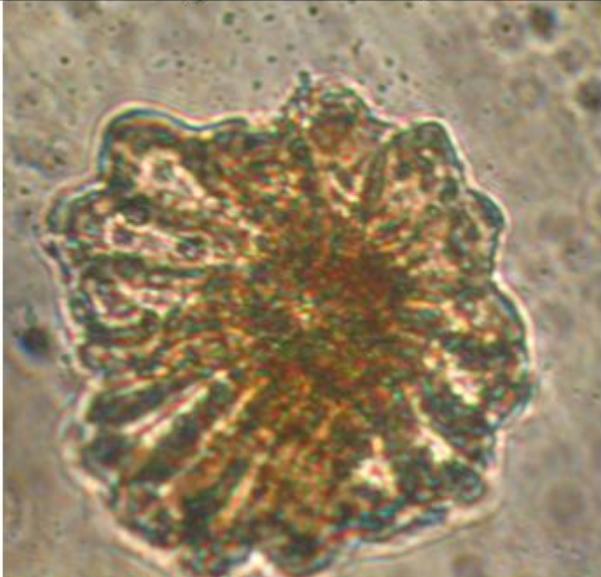
⁹⁶ TOMMERUP, I. C. Spore dormancy in vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. En: Transactions of the British Mycological Society, August, 1983, vol. 81, no 1, p. 43.

⁹⁷ GEMMA, J. CARRIERO, T and KOSKE, R. Seasonal dynamics of selected species of VA mycorrhizal fungi in a sand dune. En: Mycology Research. 1989. vol. 92, p. 319.

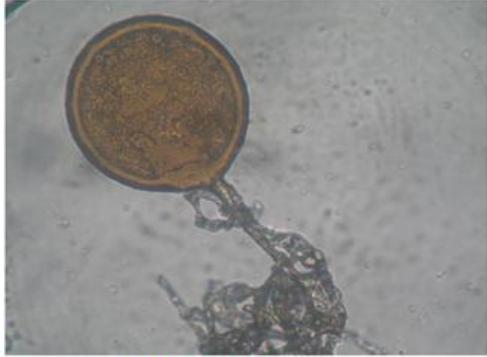
⁹⁸ LEÓN, D. Evaluación y caracterización de micorrizas arbusculares asociadas a Yuca (*Manihot esculenta* Sp) en dos regiones de la Amazonia Colombiana. Tesis de grado. Bogota, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Microbiología Agrícola y Veterinaria. 2006.

4.7 MORFOTIPOS IDENTIFICADOS EN LAS DIFERENTES ZONAS ESTUDIADAS.

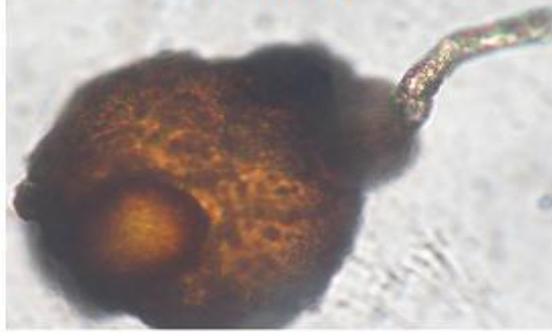
En las diferentes zonas estudiadas, se encontraron los siguientes morfotipos presentándose algunas características adicionales de estos.

Numero: Morfotipo 1	OBJ 40X OC 10X	
Descripción de la espora		
<p> Forma: Equinada Diámetro: 8.1µm Color: PVL: Café-Amarillo con pigmentos verdes y naranjas Agua: Café-Amarillo con pigmentos verdes y naranjas Contenido citoplasmático: Granular Estructura superficial: Ornamentada Composición y tipo de pared: </p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 1 más peridio • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 9,4µm 		
<p> Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 34.5 µm Diámetro del poro: Sin poro </p>	<p> Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: <i>sp1</i> <small>FUENTES: JIMÉNEZ R Y NUÑEZ A .SITIO DE AISLAMIENTO BUENAVISTA (SUELO COMPACTADO)</small> </p>	
<p> Observaciones adicionales: Esporo carpo conformado por 37 esporas, unidas por un plexo central de hifas. </p>		

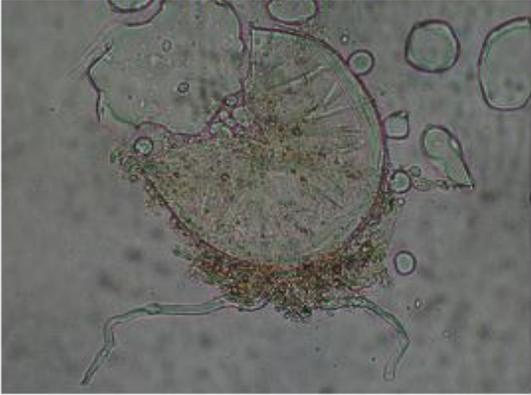
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 2	OBJ 40X OC 10X	
Descripción de la espora		
<p>Forma: Globosa Diámetro: 108.1µm Color: PVL: Amarrillo naranja Agua: Amarrillo claro Contenido citoplasmático: Reticular Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 3 más peridio • Tipo de pared: 2 capas laminadas y 1 única • Ancho de la pared: 14.1 µm 		
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 18.8 µm Diámetro del poro: 14.1 µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Simiglomus</i> Especie: Características similares a <i>Simiglomus hoi</i>, S.M. Berch & Trappe, 1985, G.A. Silva, Oehl & Sieverd, 2011., comb. nov. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Santa Inés-puente (suelo compactado)</p>	
<p>Observaciones adicionales: Poro cerrado en la base de la espora, la SH se extiende a gran distancia de la base de la espora, presencia de septos a lo largo de la SH.</p>		

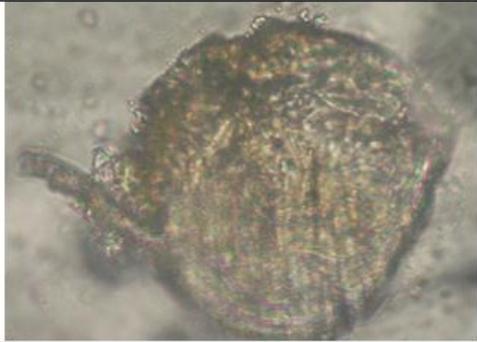
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 3	OBJ 40X OC 10X	
Descripción de la espora		
<p>Forma: Globosa Diámetro: 96.35 µm Color: PVL: Café - Verdoso Agua: Café oscuro Contenido citoplasmático: Reticular Estructura superficial: Omentada Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 1 más peridio • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 14.1µm 		
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 14.1 µm Diámetro del poro: Sin poro</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Gigaspora</i> Especie: Características similares a <i>Gigaspora albida</i>, NC Schenck y Sm GS, 1982. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)</p>	
<p>Observaciones adicionales: La espora presenta hifa en forma de bulbo suspensor, se observan en el interior de la superficie de la monocapa de la espora presencia de verrugas.</p>		

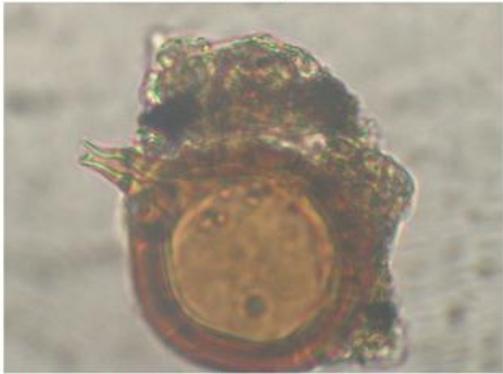
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 4	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Subglobosa Diámetro: 89.3µm Color: PVL: Hialina con pigmentos verdes y naranjas Agua: Hialina con pigmentos verdes y naranjas Contenido citoplasmático: Semigranular-Aceitoso Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 4 más peridio • Tipo de pared: 1capa amorfa y 3 capas laminadas • Ancho de la pared: 14.1 µm <p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 9.4 µm Diámetro del poro: 9.4 µm</p>	 <p>Determinación taxonómica: Género: <i>Diversispora</i> Especie: <i>sp</i> Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Buenavista (suelo compactado)</p>
Observaciones adicionales: Poro cerrado por un amplio septo en la base de la espora.	

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 5	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Su globosa Diámetro: 117.5µm Color: PVL: Subhialina con pigmentos amarillos Agua: Subhialina Contenido citoplasmático: Reticular Estructura superficial: Ornamentada Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 2 más peridio • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 18.8 µm <p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 14.1 µm Diámetro del poro: 14.1 µm</p>	 <p>Determinación taxonómica: Género: <i>Diversispora</i> Especie: Características similares a <i>Diversispora spurca</i>, C. Walker & A. Schüssler, 2004. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Santa Inés-puente (suelo compactado)</p>
Observaciones adicionales: Poro cerrado por un septo en la base de la espora, la SH presenta un tabique.	

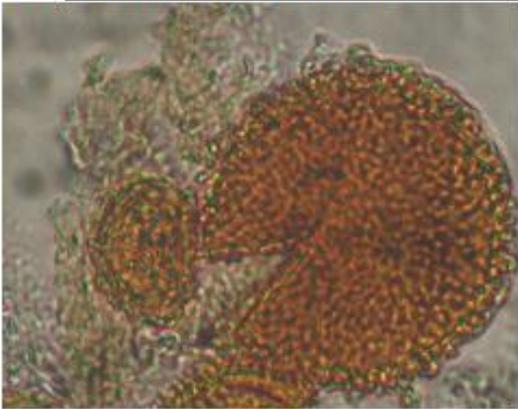
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 6	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Globosa Diámetro: 47µm Color: PVL: Rojo-Amarillento Agua: Rojo naranja Contenido citoplasmático: Semigranular/Aceitoso Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 3 más peridio • Tipo de pared: 1capa amorfa y 2 capas laminadas • Ancho de la pared: 9.4µm 	
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 9.4 µm Diámetro del poro: 9.4 µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Viscospora</i> Especie: <i>sp</i> Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)</p>
<p>Observaciones adicionales: Poro semicerrado por engrosamientos de la pared de la espora, se observa hacia el final de la SH un pequeño septo.</p>	

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 7	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Subglobosa Diámetro: 131.6 µm Color: PVL: Amarillo palido Agua: Naranjado oscuro Contenido citoplasmático: Granular con gotas de aceites Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 2 • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 9.4µm 	
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 9.4 µm Diámetro del poro: 9.4 µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Acaulospora</i> Especie: Características similares a <i>Acaulospora mellea</i>, Schenck N. C., Spain J. L., Howeler R. H. 1984. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)</p>
<p>Observaciones adicionales: Poro cerrado en la base por un septo, la espora tiene una formación lateral sobre el cuello terminal o intercalar de un sáculo esporífero, se evidencia gotas y una cicatriz en el interior de la superficie de la pared de la espora.</p>	

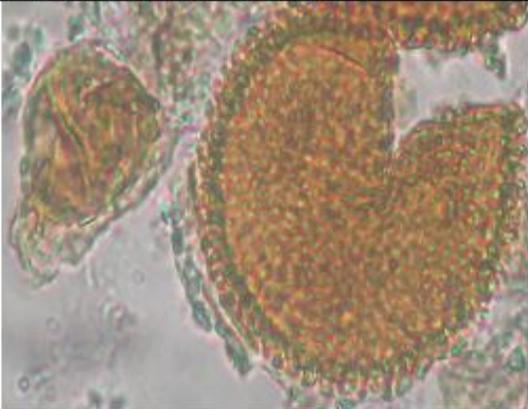
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 8	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Globosa Diámetro: 61.1µm Color: PVL: Amarillo-Naranja con pigmentos verdes Agua: Amarillo verdoso Contenido citoplasmático: Reticular Estructura superficial: Ornamentada Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 2 más peridio • Tipo de pared: 1 capa evanescente y 1 capa laminada. • Ancho de la pared: 9.4µm 	
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 14.1 µm Diámetro del poro: Sin poro</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Tricispora</i> Especie: Características similares a <i>Tricispora nevadensis</i>, Palenz., N. Ferrol, Azcón-Aguilar & Oehl, 2010. Oehl, Palenz., G.A. Silva & Sieverd., comb. nov. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Santa Inés-puente (suelo compactado)</p>
<p>Observaciones adicionales: Formación de la espora dentro del cuello terminal o intercalar de un sáculo esporífero.</p>	

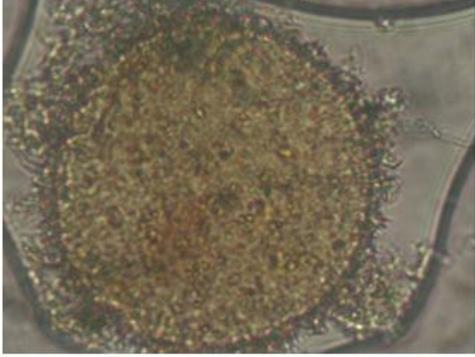
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 9	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Globosa Diámetro: 82.25µm Color: PVL: Café-Rojizo Agua: Rojo- Amarilloso Contenido citoplasmático: Reticular Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 3 más peridio • Tipo de pared: 1 capa morfa y 2 capas laminadas • Ancho de la pared: 14.1µm 	
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 9.4 µm Diámetro del poro: 14.1 µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Claroideoglopus</i> Especie: Características similares a <i>Claroideoglopus etunicatum</i>, C. Walker & A. Schüssler, 2010. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)</p>
<p>Observaciones adicionales: Poro cerrado en la base de la espora por un septo, la SH en forma de pico de pájaro.</p>	

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 10	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Subglobosa Diámetro: 54.05 μm Color: PVL: Amarrillo-Naranja da pigmentos verdes Agua: Amarrillo claro con pigmentos verdes Contenido citoplasmático: Reticular Estructura superficial: Ornamentada Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 2 más peridio • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 9.4 μm <p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 9.4 μm Diámetro del poro: Sin poro</p>	 <p>Determinación taxonómica: Género: <i>Intraspora</i> Especie: <i>sp</i> Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Santa Inés-puente (suelo con pactado)</p>
<p>Observaciones adicionales: Formación de la espora dentro del tallo hifal del sáculo esporífero y la espora es continua con el tallo hifal y el sáculo esporífero a cierta distancia dentro de la pared de la espora.</p>	

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 11	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Globosa Diámetro: 94 μm Color: PVL: Amarrillo-Verdoso Agua: Amarrillo-Verdoso Contenido citoplasmático: Granular con pequeños poros Estructura superficial: Ornamentada Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 1 más peridio • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 14.1 μm <p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 9.4 μm Diámetro del poro: 9.4 μm</p>	 <p>Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: Características similares a <i>Glomus corymbiforme</i>, Błaszk, 1995. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Buenavista (suelo compactado)</p>
<p>Observaciones adicionales: Poro abierto en la base de la espora y se evidencia en la SH tabiques.</p>	

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 12	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Subglobosa Diámetro: 117.5 μm Color: PVL: Café- Oscuro Agua: Rojo-Naranja Contenido citoplasmático: Reticulado y Aceitoso Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 2 • Tipo de pared: 1 capa amorfa y 1 capa laminada • Ancho de la pared: 14.1 μm 	
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 9.4 μm Diámetro del poro: 14.1 μm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Funnelformis</i> Especie: Características similares a <i>Funnelformis monosporus</i>, Gerd. & Trappe, 1974, Oehl, G.A. Silva & Sieverd, 2011; comb. nov. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Santa Inés-puente (suelo compactado)</p>
<p>Observaciones adicionales: Poro cerrado por un septo de bajo de la base de la espora y SH en forma de embudo.</p>	

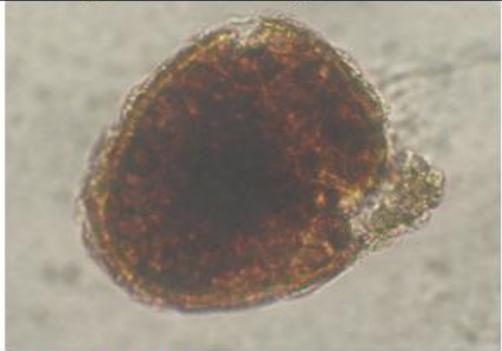
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 13	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Ovoide Diámetro: 65.8 μm Color: PVL: Amarrillo-Naranja Agua: Café Contenido citoplasmático: Poroso Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 3 • Tipo de pared: 2 capas laminadas y 1 capa única • Ancho de la pared: 9.4 μm 	
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 14.1 μm Diámetro del poro: 9.4 μm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: <i>sp.2</i> Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Buenavista (suelo compactado)</p>
<p>Observaciones adicionales: Introversiones en la pared de la espora, engrosamientos en la base y la SH es continua hasta cierta distancia en el interior de esta.</p>	

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 14	OBJ 40X OC 10X	
Descripción de la espora		
<p> Forma: Ovoide Diámetro: 75.2µm Color: PVL: Amarillo-Naranja Agua: Naranjada Contenido citoplasmático: Reticular - Semigranular Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared: </p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 1 • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 9.4 µm 		
<p> Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 7.5 µm Diámetro del poro: 9.4 µm </p>	<p> Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: Características similares a <i>Glomus multicaule</i>, Gerd. & B.K. Bakshi, 1976. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Santa Inés-puente (suelo compactado) </p>	
<p>Observaciones adicionales: La espora presenta un poro abierto, la SH a manera de un cable ramificado en su región terminal.</p>		

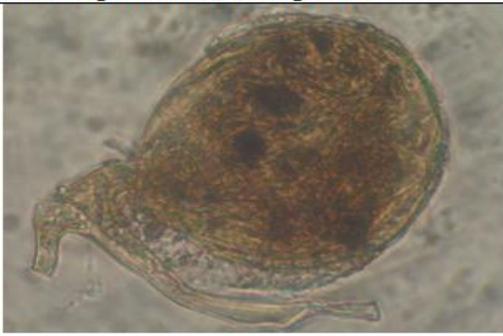
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 15	OBJ 40X OC 10X	
Descripción de la espora		
<p> Forma: Subglobosa Diámetro: 103.4 µm Color: PVL: Rojo- Amarillento Agua: Café rojizo Contenido citoplasmático: Globular Estructura superficial: Ornamentada Composición y tipo de pared: </p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 2 más peridio • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 9.4 µm 		
<p> Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: Diámetro del poro: 14.1 µm </p>	<p> Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: Características similares a <i>Glomus tortuosum</i>, N.C. Schenck & G.S. Sm, 1982. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural) </p>	
<p>Observaciones adicionales: la SH no es fácil de observar dada la presencia del peridio que recubre la espora.</p>		

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 16	OBJ 40X OC 10X	
Descripción de la espora		
<p>Forma: Globosa Diámetro: 94 µm Color: PVL: Café-Amarillento Agua: Café oscuro Contenido citoplasmático: Cerebriforme Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 4 más peridio • Tipo de pared: 3 capas laminadas y 1 capa única • Ancho de la pared: 18.8 µm 		
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 9.4 µm Diámetro del poro: 9.4 µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: Características similares a <i>Glomus cerebriforme</i>, McGee, Trans. Br, 1986. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)</p>	
<p>Observaciones adicionales: Sin introversiones en la pared de la espora, no se evidencian engrosamientos en la base y hay presencia de un poro abierto en la base de la espora.</p>		

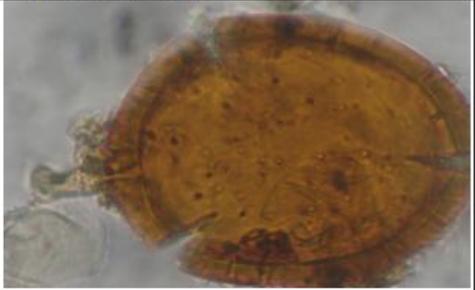
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 17	OBJ 40X OC 10X	
Descripción de la espora		
<p>Forma: Subglobosa Diámetro: 91.65µm Color: PVL: Amarrillo pálido Agua: Amarrillo Contenido citoplasmático: Filamentoso-Aceitoso Estructura superficial: Ornamentada Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 2 más peridio • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 9.4 µm 		
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 14.1 µm Diámetro del poro: 14.1µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Gigaspora</i> Especie: <i>Sp.</i> Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)</p>	
<p>Observaciones adicionales: Se evidencia en la SH tabiques, poro abierto y la hifa sustentadora a manera de una perilla.</p>		

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 18	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p> Forma: Subglobosa Diámetro: 131.6 µm Color: PVL: Café-Amarilloso Agua: Naranjado Contenido citoplasmático: Granular Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared: </p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 2 más peridio • Tipo de pared: 1 capa laminada y 1 capa única • Ancho de la pared: 9.4 µm 	
<p> Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 14.1 µm Diámetro del poro: 9.4 µm </p>	<p> Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: Características similares a <i>Glomus invermaium</i>, I.R. Hall, Trans. Br, 1977. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Cañahuate (suelo no compactado) </p>
<p> Observaciones adicionales: La pared de la espora presenta introversiones y engrosamientos en la parte basal, poro cerrado por un pequeño septum derivado de la capa estructural interna de la espora. </p>	

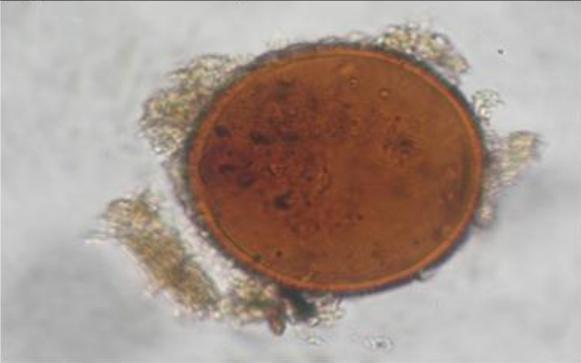
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 19	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p> Forma: Subglobosa Diámetro: 96.35µm Color: PVL: Amarillo-Café Agua: Café Contenido citoplasmático: Granular-Aceitoso Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared: </p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 4 • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 14.1 µm 	
<p> Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 9.4 µm Diámetro del poro: 9.4 µm </p>	<p> Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: Características similares a <i>Glomus glomerulatum</i>, Sieverd, 1987. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural) </p>
<p> Observaciones adicionales: Se observan introversiones en la pared y engrosamientos en su parte basal, la SH en forma de embudo, poro cerrado a una larga distancia en el interior de las capas internas de la espora y resaltar que esta especie es raramente encontrada sola en el suelo, generalmente se distribuyen en esporocarpos. </p>	

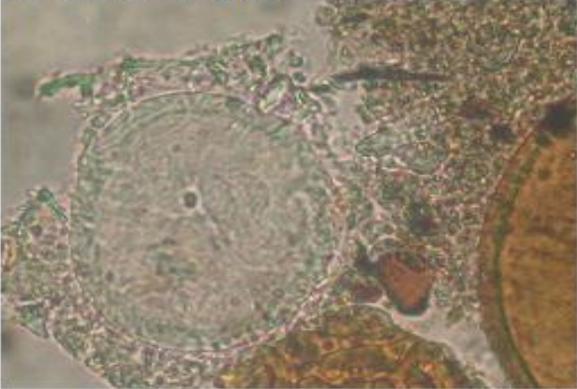
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 20	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la spora	
<p>Forma: Globosa Diámetro: 117.5 µm Color: PVL: Rojo-Amarillento Agua: Rojo oscuro Contenido citoplasmático: Semigranular Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 2 • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 14.1 µm <p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 18.8 µm Diámetro del poro: 18.8 µm</p>	 <p>Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: Características similares a <i>Glomus brohultii</i>, Sieverd. & R.A. Herrera, J. Appl, 2003. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)</p>
<p>Observaciones adicionales: Conexión hifal muy gruesa con relación al tamaño de la spora, de color amarillo, translúcida, con pared gruesa. Presenta septos bien definidos.</p>	

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 21	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la spora	
<p>Forma: Globosa Diámetro: 103.4 µm Color: PVL: Rojo-Amarillento Agua: Rojo amarillento Contenido citoplasmático: Granular-Aceitoso Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 2 más peridio • Tipo de pared: 2 laminadas • Ancho de la pared: 9.4µm 	
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 9.4 µm Diámetro del poro: 14.1 µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: <i>sp.3</i> Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)</p>
<p>Observaciones adicionales: Poro abierto en la base de la spora, la pared de esta no presenta introversiones y no hay engrosamientos en esta.</p>	

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 22	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Globosa Diámetro: 54.05 μm Color: PVL: Hialino-Verdoso Agua: Hialino Contenido citoplasmático: Reticular Estructura superficial: Ornamentada Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 2 más peridio • Tipo de pared: 1 capalaminada y 1 capa única • Ancho de la pared: 18.8 μm <p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 9.4 μm Diámetro del poro: 9.4 μm</p>	 <p>Determinación taxonómica: Género: <i>Claroideoglomerum</i> Especie: Característica similar a <i>Claroideoglomerum claroideum</i>, N.C. Schenck & G.S. Sm, 1982, C. Walker & A. Schüssler, 2010; comb.nov. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)</p>
<p>Observaciones adicionales: La SH es continua con la espora desde el interior de la segunda capa, es de color blanco y en forma de pico.</p>	

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 23	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Subglobosa Diámetro: 145.7 μm Color: PVL: Rojo-Amarillento Agua: Rojo oscuro Contenido citoplasmático: Granular-Aceitoso Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 3 • Tipo de pared: 1 capa amorfa y 2 capas laminadas • Ancho de la pared: 9.4 μm <p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 9.4 μm Diámetro del poro: 9.4 μm</p>	 <p>Determinación taxonómica: Género: <i>Ambispora</i> Especie: <i>sp</i> Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)</p>
<p>Observaciones adicionales: La espora tiene una formación sobre un pedicelo que emerge lateralmente del tallo hifal del sáculo esporífero y se observa la presencia de gotas en la superficie interna de la espora.</p>	

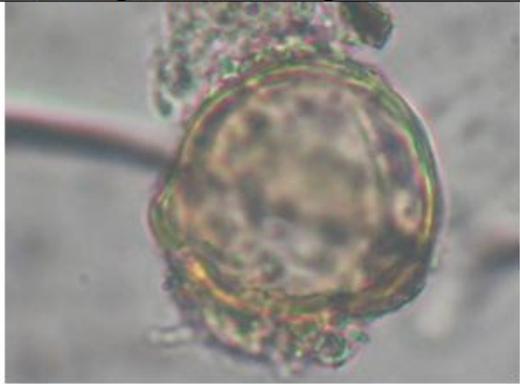
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 24	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Suglobosa Diámetro: 244.4µm Color: PVL: Amarrillo-Naranja Agua: Amarrillo claro Contenido citoplasmático: Vacuolar Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 3 más peridio • Tipo de pared: 2 capas únicas y 1 capa laminada • Ancho de la pared: 10.34 µm 	
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 14.1 µm Diámetro del poro: 9.4 µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: Características similares a <i>Glomus aureum</i>, Oehl&Sieverd., J. Appl. Bot, 2003. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Cañahuate (suelo no compactado)</p>
<p>Observaciones adicionales: Poro cerrado a una corta distancia en el interior de la pared de la espora.</p>	

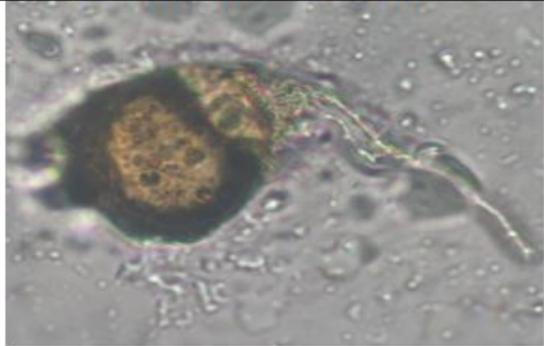
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 25	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Subglobosa Diámetro: 96.35 µm Color: PVL: Amarrillo claro Agua: Subhialina Contenido citoplasmático: Reticular-Aceitoso Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 4 más peridio • Tipo de pared: 3 capas laminadas y 1 capa única • Ancho de la pared: 14.1 µm 	
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 14.1 µm Diámetro del poro: µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: Características similares a <i>Glomus microaggregatum</i>, Koske, Gemma & P.D. Olexia, 1986. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)</p>
<p>Observaciones adicionales: Esta especie de espora generalmente no se encuentran libre en el suelo, se distribuyen en micro agregados, el morfotipo encontrado no presenta poro y la SH es hialina.</p>	

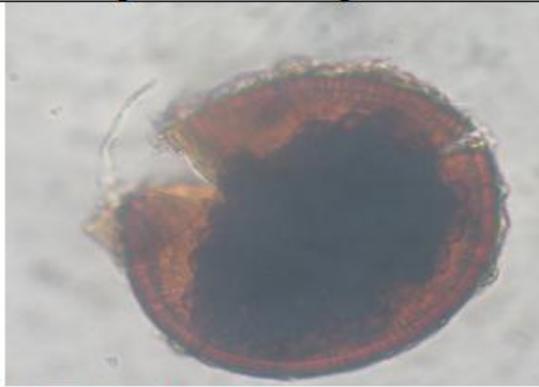
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 26	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Globosa Diámetro: 44.65µm Color: PVL: Subhialina-Verdosa Agua: Subhialina Contenido citoplasmático: Granular-Aceitoso Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 3 más peridio • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 9.4 µm 	
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 4.7 µm Diámetro del poro: 9.4 µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: Características similares a <i>Glomus pallidum</i>, J.R. Hall, Trans. Br., 1977. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)</p>
<p>Observaciones adicionales: Poro abierto en la base de la espora, pared sin introversiones y sin engrosamientos en la base.</p>	

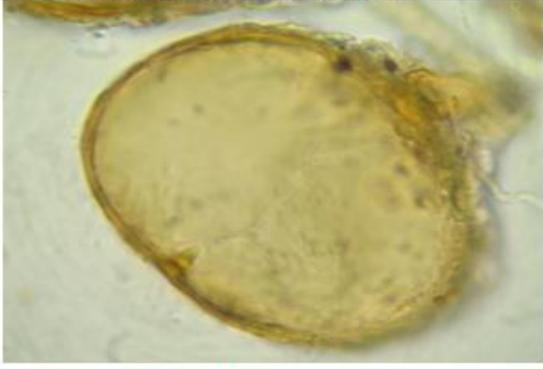
Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 27	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Subglobosa Diámetro: 66µm Color: PVL: Sub-hialina y verdosa Agua: Sub-hialina Contenido citoplasmático: Aceitoso Estructura superficial: Ornamentada Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 2 más peridio • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 6.6 µm 	
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 11.55 µm Diámetro del poro: 16.5 µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Viscospora</i> Especie: Características similares a <i>Viscospora viscosa</i>, Sieverd., Oehl & G.A. Silva, 2011 Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Cañahuat (suelo no compactado)</p>
<p>Observaciones adicionales: La SH de la espora es mucho más gruesa cerca de la base que con respecto a la parte terminal de esta, presencia de engrosamientos en la pared. En la superficie de la espora se observan exudados de mucilagos y un poro cerrado en la base de esta.</p>	

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 28	OBJ 40X OC 10X	
Descripción de la espora		
<p>Forma: Subglobosa Diámetro: 101.05µm Color: PVL: Rojo- Amarillento Agua: Café Contenido citoplasmático: Globular Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 3 más peridio • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 14.1µm 		
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 9.4 µm Diámetro del poro: 9.4 µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Claroideoglo mus</i> Especie: <i>Sp</i> Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio de aislamiento Santa Inés (Bosque Natural)</p>	
<p>Observaciones adicionales: SH en forma de pico y de color hialino, poro cerrado a una corta distancia en el interior de la pared de la espora por introversiones de las capas internas de esta.</p>		

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 29	OBJ 40X OC 10X	
Descripción de la espora		
<p>Forma: Globosa Diámetro: 98.7µm Color: PVL: Crema-Pálido Agua: Amarrillo Contenido citoplasmático: Semigranular-Aceitoso Estructura superficial: Lisa Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 2 más peridio • Tipo de pared: 1 capa laminada y 1 capa única • Ancho de la pared: 9.4µm 		
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 11.75 µm Diámetro del poro: 14.1 µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Diversispora</i> Especie: Características similares a <i>Diversispora ebúrnea</i>, L.J. Kenn., J.C. Stutz & J.B. Morton, 1999, C. Walker & A. Schüssler, 2010; comb.nov Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Santa Inés-puente (suelo compactado)</p>	
<p>Observaciones adicionales: Poro cerrado por un septo a cierta distancia por debajo de las capas, la SH en forma cilíndrica presenta un tabique a cierta distancia de la base de la espora.</p>		

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 30	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Subglobosa Diámetro: 89.3 µm Color: PVL: Café oscuro Agua: Café Contenido citoplasmático: Reticular Estructura superficial: Ornamentada Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 3 más peridio • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 9.4 µm 	
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 11.75 µm Diámetro del poro: 9.4 µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: Características similares a <i>Glomus ambisporum</i>, G.S. Sm. & N.C. Schenck, 1985 Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Buenavista (suelo compactado)</p>
<p>Observaciones adicionales: Poro cerrado a cierta distancia debajo de las capas por introversiones de esta, SH ligeramente en forma de embudo y se evidencia engrosamiento en la pared de la SH a una larga distancia de esta.</p>	

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

Numero: Morfotipo 31	OBJ 40X OC 10X
Descripción de la espora	
<p>Forma: Subglobosa Diámetro: 75.2 µm Color: PVL: Café- Amarillento Agua: Amarrillo pálido Contenido citoplasmático: Granular Estructura superficial: Ornamentada Composición y tipo de pared:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numero de capas: 2 más peridio • Tipo de pared: Laminada • Ancho de la pared: 9.4 µm 	
<p>Ancho de la unión hifal Diámetro de la hifa: 16.45 µm Diámetro del poro: 18.8 µm</p>	<p>Determinación taxonómica: Género: <i>Glomus</i> Especie: Características similares a <i>Glomus manihotis</i>, R.H. Howeler, Sieverd. & N.C. Schenck, 1984, C. Walker & A. Schüssler, 2010; comb.nov. Fuentes: Jiménez R y Núñez A. sitio aislamiento Buenavista (suelo compactado)</p>
<p>Observaciones adicionales: SH abierta ligeramente en forma de embudo y del mismo color de la pared de la espora, el poro cerrado por un engrosamiento rudimentario de la pared y se observa un tubo germinal en el lumen de la SH.</p>	

Fuentes: Jiménez R y Núñez A

De acuerdo al aislamiento de esporas de HFMA, en zonas de suelos compactados y no compactados asociados a pasto colosuana del municipio de San Marcos, se identificaron 31 morfotipos con características microscópicas similares (cf) a especies según ^{99, 100, 101, 102, 103, 104, 105}.

⁹⁹ OEHL, F. SILVA, GA et al. Revision of *Glomeromyces* with entrophosporoid and glomoid spore formation with three new genera. En: Mycotaxon. 2011, vol. 117 no 1, p. 297–316.

¹⁰⁰ OEHL, F. SILVA, GA et al. Glomeromycota: Three new genera and glomoid species reorganized. En: Mycotaxon. 2011, vol. 116 no 1, p. 75-120.

¹⁰¹ GOTO, BT. MAIA, LC. And OEHL, F. Ambispora brasiliensis, a new ornamented species in the arbuscular mycorrhiza-forming Glomeromycetes. En: Mycotaxon. 2008. vol. 105, p. 16.

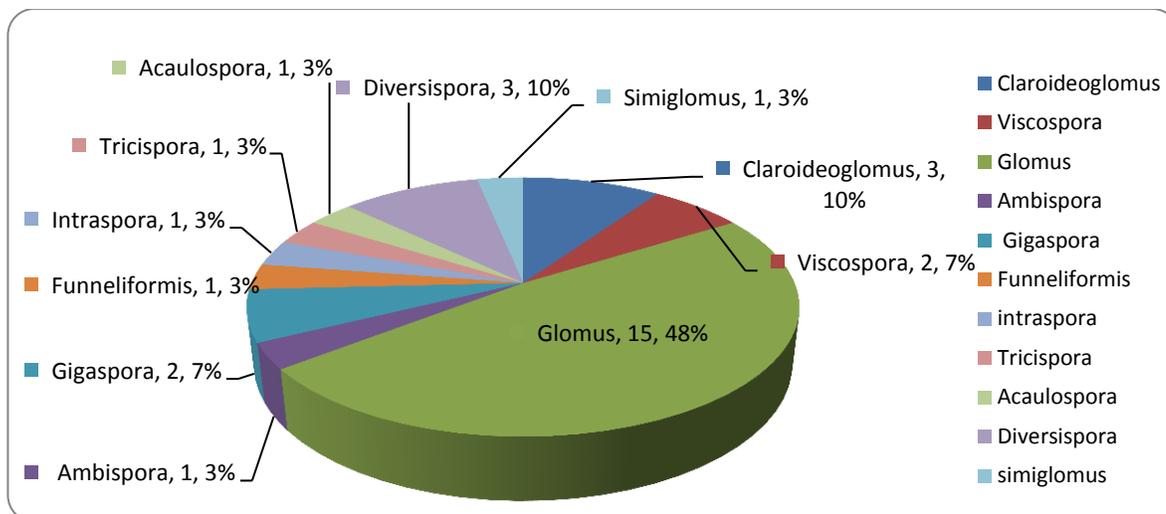
¹⁰² OEHL, F et al. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. IMA Fungus. En: The Global Mycological Journal. 2011, vol. 2 no 2, p. 191–199.

¹⁰³ SIEVERDING, Ewald and OEHL, Fritz. Revision of Entrophospora and description of Kuklospora and Intrasporea, two new genera in the arbuscular mycorrhizal Glomeromycetes. En: Journal of Applied Botany and Food Quality, February, 2006, vol. 80, no 1, p. 69-81.

¹⁰⁴ INVAM (International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi). General life cycle and the structures formed. Internet: (<http://invam.caf.wvu.edu>). Julio/13/2013.

¹⁰⁵ PEÑA, C et al. Micorrizas arbusculares de la Amazonia colombiana. Catálogo ilustrado. Instituto amazónico de investigaciones científicas–sinchi. 2006, p. 90.

Figura 16. Porcentaje de Géneros de HFMA, aislados en las zonas objeto de estudio.



Fuentes: Jiménez R y Núñez A

En las zonas de estudio, se aislaron 31 morfoespecies, que se clasificaron taxonómicamente en 11 géneros: *Claroideoglomus*, *Viscospora*, *Glomus*, *Ambispora*, *Gigaspora*, *Funneliformis*, *Intraspora*, *Tricispora*, *Acaulospora*, *Diversispora*, *Simiglomus*, de las cuales el 48% corresponde al género *glomus*, seguido de los generos *Claroideoglomus* y *Diversispora* con un 10%, *Viscospora* y *Gigaespora* con 7% y encontrándose con un valor del 3% morfotipos, que corresponde a los géneros *Ambispora*, *Funneliformis*, *Intraspora*, *Tricispora*, *Acaulospora*, *Simiglomus*, Figura 16. Esto concuerda con lo reportado por¹⁰⁶, quienes caracterizaron comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) en rizósfera del pasto *Colosua* (*Bothriochloa pertusa* (L). A. Camus), en fincas ganaderas del municipio de Corozal, departamento de Sucre, donde aislaron 31 morfotipos de HMA, un 96.9% correspondieron a morfotipos con características similares a especie dentro del género *Glomus* y 3.1% a *Gigaspora*.

¹⁰⁶ PÉREZ C, Alexander. BOTERO L, Catalina Y CEPERO G, María. Diversidad de micorrizas arbusculares en pasto colosoana de fincas ganadera del municipio de Corozal-Sucre. En: Revista MV Córdoba. Mayo-Agosto, 2012. vol. 17, no. 2. p. 3030.

En esta investigación se determinó, que la riqueza de géneros de HFMA aislados es igual tanto para suelo compactado y no compactado (Anexo J y K), lo que indica una amplia distribución de géneros de HFMA, de acuerdo al estado uso y manejo del sistema suelo. Resaltando que de los 31 morfotipos identificados, 23 se determinaron al nivel de especie.

Por otra parte ¹⁰⁷, en su estudio al comparar la diversidad de micorrizas arbusculares asociadas al pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus) y angletón (*Dichanthium aristatum*, Benth) presentes en fincas ganaderas de los municipios de Corozal y Tolú, Departamento de Sucre, Colombia, Del total de morfotipos aislados de esporas de HFMA en colosuana y angletón del municipio de Tolú; el 94.1% corresponden al género *Glomus* y 5.9% corresponde al género *Gigaspora*. De los morfotipos de HFMA aislados en el municipio de Corozal en estas mismas especies de pasto, el 86.6% pertenece al género *Glomus* y 13.4% corresponde al género *Gigaspora*. Cabe señalar que en esta investigación, el género ***glomus***, al igual que en los estudios anteriores mencionados, presento mayor número de morfoespecies con características similares a este género, resaltándose que en comparación a esos estudios, en este trabajo hay una mayor diversidad de géneros de HFMA posiblemente se deba a que, a pesar que se muestrearon también zonas de suelo compactado, hay que destacar que se estudiaron zonas no compactadas o no perturbadas, por tanto son suelos en los cuales sus propiedades fisicoquímicas y biológicas no han sido alteradas, razón por la cual estos suelos, pudieron haber influido directa e indirectamente, en una mayor diversidad de géneros de HFMA .

¹⁰⁷ ESPITIA F y MARTINEZ E. Identificación de géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) en las especies de pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa*) y angletón (*dichanthium aristatum*) en los municipios de Corozal y Tolú, departamento de Sucre; Universidad de Sucre de Colombia. Tesis de pregrado, Facultad de educación y ciencias. Biotecnología, Sucre-Colombia. 2003. p. 58-59.

4.8. RIQUEZA DE ESPECIES DE HFMA EN LAS ZONAS DE ESTUDIOS

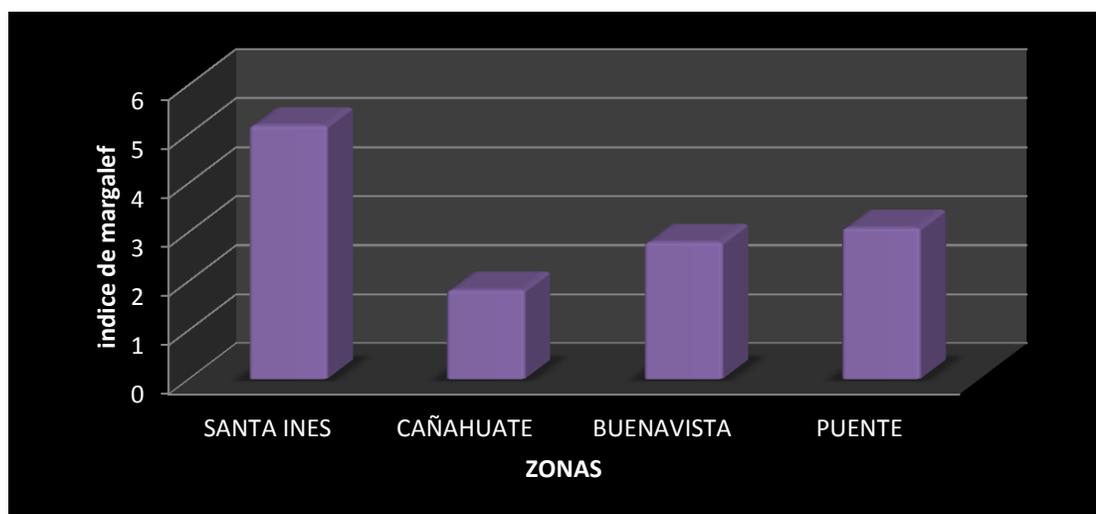
En el cuadro 6 se observan los resultados del índice de riqueza de especies de HFMA, asociados al pasto colosuana en cada una de las zonas compactadas y no compactadas muestreadas del municipio de san marcos.

CUADRO 6. Índices de riqueza de especies de HFMA para cada zona

ZONAS	SANTA INES	CAÑAHUATE	BUENAVISTA	PUENTE
INDICE DE RIQUEZA	5,17	1,82	2,791	3,083

De acuerdo a los resultados del cuadro 6, se graficó los índices de riqueza de especies de HFMA asociadas al pasto Colosuana, en relación a la zonas estudiadas, Figura 17.

Figura 17. Riqueza de especies de HFMA en función de las zonas objeto de estudio en el municipio de San Marcos.



Fuentes: Jiménez R y Núñez A

La mayor riqueza de especies de HFMA por zonas, aplicando el índice de Margalef, se encontró en la zona de suelo no compactado de Santa Inés (Bosque),

con un índice de riqueza (5,17), seguida por la zona de suelo compactado de Santa Inés- puente, cuyo índice de riqueza es (3,083), posteriormente, le sigue la zona de suelo compactado de Buenavista, con un valor de riqueza (2,791) y por último la zona de suelo no compactado de Cañahuate, con un índice de riqueza de (1,82), estos resultados son explicados por el número de especies de HFMA encontradas en cada zona, cabe señalar que en Santa Inés, se identificaron 15 morfotipos, en Cañahuate 3, en Buenavista se encontraron 6 especies y en el puente Santa Inés se aislaron 7 morfoespecies, (ANEXOS L , M y Figura 17). Lo expuesto anteriormente concuerda, con los estudios realizados por ¹⁰⁸, el cual encontró que la riqueza de especies es mucho mayor en los bosques que en pasturas. Hay que señalar que santa Inés puente y Buenavista, a pesar de que son zonas de suelo compactado, presenta una mayor riqueza de especies de HMA , que la zona no compactada de cañahuate, estos resultados son soportados por lo expuesto por ¹⁰⁹, quien encontró que los cambios en la composición de las especies de micorrizas y el decrecimiento en la diversidad con el pastoreo continuo, indica que la defoliación provoca la alteración del microambiente del 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 este estudio se destaca que de acuerdo al estado uso y manejo del suelo, se encontró una mayor riqueza de especies de HMA en suelo no compactado que con respecto al suelo compactado Anexo N y O, esto puede estar relacionado a la no intervención de estos suelos en cuanto a la realización de prácticas agrícolas y ganaderas, que pudieran haber alterado las condiciones fisicoquímicas y biológicas del suelo y posterior establecimiento y desarrollo de los HFMA.

¹⁰⁸ PICONE, Chris. Diversity and abundance of arbuscular-mycorrhizal fungus spores in tropical forest and pasture. En: Biotropica. 2000. Vol. 32, no 4. p. 748.

¹⁰⁹ EOM, Ahn-Heum. WILSON, Gail WT AND HARTNETT, David C. Effects of ungulate grazers on arbuscular mycorrhizal symbiosis and fungal community structure in tallgrass prairie. En: Mycologia. 15, March, 2001, Vol. 93, no. 2, p. 238.

5. CONCLUSIONES

- Se asilaron 31 morfotipos de Hongos Formadores de Micorrizas arbusculares en suelos de zonas compactadas y no compactadas del municipio de San Marcos asociados a la especie de pasto colosuana, distribuidos taxonómicamente en 11 géneros predominando, el género *glomus* con un 48%.Determinándose de esta manera una gran diversidad de géneros de HFMA en la relación al estado, uso y manejo del suelo en el área de estudio.
- Existen diferencias altamente significativas en las densidades promedio de esporas de HFMA entre zonas compactadas y no compactadas, donde las mayores densidades se registraron en suelos compactados y los menores valores en suelos no compactados.
- Las diferencias altamente significativas encontradas entre zonas con respecto al porcentaje promedio de colonización de HFMA, indican que no necesariamente el estado del suelo (compactado y no compactado) va a determinar, una menor o mayor colonización de HFMA en raíces, posiblemente otros factores que pueden afectar positiva o negativamente la estructura y diversidad de comunidades de HFMA son las poblaciones de otros microorganismos del suelo.
- En esta investigación no se encontró una correlación significativa entre la densidad de esporas y el porcentaje de colonización de HFMA en las zonas estudiadas.
- La densidad de esporas de HFMA, esta correlacionada directamente y significativamente con la: materia orgánica, fosforo, densidad aparente, calcio, magnesio, sodio, con textura de suelo Franco Arenoso y

correlacionado negativamente con la porosidad total y porcentaje de humedad, Por tanto que el porcentaje de colonización esta correlacionado significativamente y directamente con el pH, fosforo, sodio y con textura de suelo de tipo Franco Arenoso a Arenoso Franco, e inversamente relacionado con el K y %humedad.

- La mayor riqueza de especies de HFMA, se registró en la zona de suelo no compactado de santa Inés (bosque), demostrándose también que a pesar de la condición de compactación del suelo de santa Inés-puente y Buenavista, presentaron mayor riqueza de especies que la zona no compactada de cañahuate, indicando que ciertas especies de micorrizas, se vuelvan tolerantes o resistentes al pastoreo y a la compactación del suelo, por parte de algunos herbívoros.

6. RECOMENDACIONES

Con base en los morfotipos de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares, identificados a nivel de géneros asociados a la especie de pasto colosuana, en zonas de suelos compactados y no compactados del municipio de san marcos, se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Profundizar en el análisis sobre los efectos de las HFMA, en la composición nutricional del pasto y desarrollar procesos de investigación que empleen metodologías controladas como la inoculación, para aproximarse más a la veracidad de estos datos, para esto Se hace necesario profundizar en la caracterización e identificación de las especies de HFMA.
2. Multiplicar en invernadero los distintos morfotipos de Hongos Formadores Micorrizas Arbusculares, encontrados en este estudio para de esta manera crear un banco de esporas y utilizarlos en pruebas de eficiencia.
3. Realizar pruebas de eficiencia con estas Micorrizas con parámetros productivos para las especies de pasto colosuana, en los suelos de zonas compactadas y no compactadas del municipio de san marcos.
4. 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 fisicoquímicas del suelo.
5. Ejecutar un estudio significativo, que permita establecer cuál de los géneros de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares nativos encontrados,

asociados a la especie de pasto colosuana es el más eficiente en la simbiosis con el pasto.

6. Estudiar la diversidad de HFMA comparando época seca y húmeda, debido a que la humedad es un factor determinante en la presencia y actividad de HFMA.
7. Comparar la diversidad, densidad de esporas y la colonización de HFMA, en raíces, con el mismo hospedero en diferentes estados del suelo (compactados y no compactados), para establecer si existe algún cambio en la diversidad de HFMA de acuerdo al estado de este.
8. Conociendo la importancia de las Micorriza Arbusculares, a nivel de los ecosistemas naturales y agroecosistemas, se plantea el hecho de que estas se han considerados como parte de la diversidad biológica de los suelos, y deben ser incluidos tanto en los inventarios como en los análisis de la biodiversidad.
9. Es de gran importancia, seguir llevando a cabo investigaciones de este tipo que involucren, la identificación y eficiencia de géneros de HFMA asociados a las diferentes especies de pastos de interés ganadero, debido a que las existentes son escasas. con el propósito de favorecer el manejo sostenible del recurso suelo en la región Caribe colombiana.
10. Realizar la densidad aparente de los suelos con una humedad a capacidad de campo para determinar realmente el grado compactación de los mismos.

BIBLIOGRAFÍAS

1. ABBOT, L. K. And ROBSON, A. The effect of root density, inoculum placement and infectivity of inoculum on the development of vesicular-arbuscular mycorrhizal. En: New Phytologist, 18, January, 1984 Vol 97, p 285-299.
2. AGUILERA, G. PORTUGAL, V. ARRIAGA, R y CONTRERAS R. Micorrizas Arbusculares. En: Red de Revistas Científicas de América latina y el caribe, España y Portugal; Tesis de posgrado. Toluca-México.; Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias. Ciencia Ergo Sum. 2007-2008, Vol. 14 no. 3, p. 300-306.
3. AGUILERA, M.M. Economía Regional: La Economía del Departamento de Sucre: Ganadería y Sector Público. Sincelejo: Centro de Estudios Económicos Regionales, 2005. 97 p.
4. APPOLONI, Susann, et al. Molecular community analysis of arbuscular mycorrhizal fungi in roots of geothermal soils in Yellowstone National Park (USA). En: Microbial ecology. 4, March, 2008, vol. 56, no 4, p. 649-659.
5. AZCON, R. BAREA, J. M. and HAYMAN, D. S. Utilization of rock phosphate in alkaline soils by plants inoculated with mycorrhizal fungi and phosphatase-solubilizing bacteria. En: Soil Biol-Biochem 1976, vol. 8, p. 135-138.
6. BAREA, José-Miguel. AZCÓN, Rosario. And AZCÓN-Aguilar, Concepción. En: Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. Antonie van Leeuwenhoek, December, 2002, vol. 81, no 1-4, p. 343-351.

7. BARKER, Susan Jane. TAGU, Denis. And DELP, Gabriele. Regulation of root and fungal morphogenesis in mycorrhizal symbioses. En: Plant physiology, April, 1998, vol. 116, no 4, p. 1201-1207.
8. BOLAN, N. S. A. Critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. En: Plant and soil, 1991, vol. 134, no 2, p. 189-207.
9. BONILLA, Ruth, et al. Utilización de hongos micorrizógenos en la producción agrícola. Boletín de investigaciones. Valledupar: CORPOICA, 2002.
10. BURROWS, Rhoda L and PFLEGER, Francis L. Arbuscular mycorrhizal fungi respond to increasing plant diversity. En: Canadian Journal of Botany, 2002, vol. 80, no 2, p. 120-130.
11. CAVAGNARO, Timothy Richard, et al. Morphology of arbuscular mycorrhizas is influenced by fungal identity. En: New Phytologist, 2001, vol. 151, no 2, p. 469-475.
12. CHAURASIA, Bhaskar. PANDEY, Anita. And PALNI, Lok Man S. Distribution, colonization and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with central Himalayan rhododendrons. En: Forest Ecology and Management, 21, Marzo, 2005, vol. 207, no 3, p. 315-324.
13. CORNWELL, William K. BEDFORD, Barbara L. And CHAPIN, Carmen T. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in a phosphorus-poor wetland and mycorrhizal response to phosphorus fertilization. En: American Journal of Botany, 22, March, 2001, vol. 88, no 10, p. 1824-1829.

14. CUESTA P. et al. Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción. 1^{ra} Edición. Bogotá. Manual técnico de Agropecuaria (Corpoica). Mayo, 2005, 91p.
15. DANE. Encuesta Nacional Agropecuaria, resultados 1995, Costa Atlántica, 1996, p. 16.
16. ARORA, Dilip K. MARTH, Elmer H. and MUKERJI, K. G. Handbook of applied mycology. New York 3. Foods and feeds. 199, p. 3.
17. DONOSO ZEGERS, Claudio. Ecología forestal: el bosque y su medio ambiente. SANTIAGO-CHILE: fao, 1990, p. 271.
18. EBBERS, B. ANDERSON, R. AND, LIBERTA, A. Aspects of the mycorrhizal ecology of prairie drop seed. En: Sporobolus heterolepis (Poaceae) American journal of Botany. 1987, vol.74, no. 4. p. 564-573.
19. EOM, Ahn-Heum WILSON, Gail WT, and HARTNETT, David C. Effects of ungulate grazers on arbuscular mycorrhizal symbiosis and fungal community structure in tallgrass prairie. En: Mycologia. 15, March, 2001, Vol. 93, no. 2, p. 233–242.
20. ESPITIA F. y MARTINEZ E. Identificación de géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) en las especies de pasto colosuana (*Bothriichloa pertusa*) y angleton (*dichanthium aristatum*) en los municipios de Corozal y Tolú, departamento de Sucre; Universidad de Sucre de Colombia. Tesis de pregrado, Facultad de educación y ciencias. Biotecnología, Sucre-Colombia. 2003. 112 p.

21. GARBAYE, J. Helper bacteria—a new dimension to the mycorrhizal symbiosis. En: *New Phytol.* October, 1994, vol. 128, p. 197-210.
22. GAZEY, C. ABBOT, L and ROBSON, A. The rate of development of mycorrhizal affects the onset of sporulation and production of external hyphae by two species of *Acaulospora*. En: *Mycological Research.* August, 1992. vol. 96, p. 643-650.
23. GEMMA, J. CARRIERO, T and KOSKE, R. Seasonal dynamics of selected species of VA mycorrhizal fungi in a sand dune. En: *Mycology Research.* 1989. vol. 92, p. 317-321.
24. GOTO, BT. MAIA, LC and OEHL, F. *Ambispora brasiliensis*, a new ornamented species in the arbuscular mycorrhiza-forming Glomeromycetes. En: *Mycotaxon.* 2008. vol. 105, p. 11–18.
25. GOVERDE, M, et al. Arbusculares mycorrhizal fungi influence life history traits of a lepidopteran herbivore. En: *Oecologia.* November, 2000. vol. 125, p. 362-369.
26. INVAM (International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi). General life cycle and the structures formed. Internet: (<http://invam.caf.wvu.edu>). Julio/13/2013.
27. JEFFRIES, P. BAREA, J. M. Arbuscular mycorrhiza—a key component of sustainable plant-soil ecosystems. En: *The Mycota*, 2001, vol. 9, p. 95-113.
28. JEFFRIES, P, et al. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. En: *Biology and fertility of soils*, 2003, vol. 37, no 1, p. 1-16.

29. JONSON, L.J. Introductory Soil Science. citado por CASTAÑEDA, J. En: técnicas y experimentos en edafología. España: Cataluña, 1986. p. 289.
30. KERNAGHAN, Gavin. Mycorrhizal diversity: Cause and effect? En: Pedobiologia, 2005, vol. 49, no 6, p. 511-520.
31. LEÓN, D. Evaluación y caracterización de micorrizas arbusculares asociadas a Yuca (*Manihot esculenta Sp*) en dos regiones de la Amazonia Colombiana. Tesis de grado. Bogota, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Microbiología Agrícola y Veterinaria. 2006.
32. LODGE, D. J. Ecto-or arbuscular mycorrhizas—which are best? En: New Phytologist, 2000, vol. 146, no 3, p. 353-354.
53. LU, Xiaohong. And KOIDE, Roger T. The effects of mycorrhizal infection on components of plant growth and reproduction. En: New Phytologist, October, 1994, vol. 128, no 2, p. 211-218.
33. LUGO, Mónica A, et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in a mountain grassland II: Seasonal variation of colonization studied, along with its relation to grazing and metabolic host type. En: Mycologia, 2003, vol. 95, no 3, p. 407-415.
34. MALDONADO, J.M y RAMÍREZ, G.A. Efecto de la inoculación con hongos micorrizógenos en almácigos de café (*coffea arábica*) Variedad Colombia. Tesis. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento Agropecuario, 1997. p. 3–83.

35. MARTINO, Julieta. URCELAY, Carlos. y RENISON, Daniel. Crecimiento y colonización micorrícica de *Polylepis australis Bitter* (Rosaceae) en suelos con distinta historia de pastoreo. En: *Kurtziana*, 2011, vol. 36, no 1, p. 69-77.
36. MCGEE, P. A. Variation in propagule numbers of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in a semi-arid soil. En: *Mycological Research*. January, 1989, vol. 92, no 1, p. 28-33.
37. MERLANO, O. A. Principios para la utilización de labranza conservacionista en los suelos de producción agrícola de la subregión sabanas del departamento de Sucre. Tesis de pregrado. Sucre, Colombia.: Universidad de sucre. Facultad de ingeniería. Departamento de ingeniería, 2005. p.162.
38. MIRANSARI, M, et al. Effects of soil compaction and arbuscular mycorrhiza on corn (*Zea mays* L.) nutrient uptake. En: *Soil and Tillage Research*. May, 2009, vol. 103 no. 2. P. 282–290.
39. MIYASAKA, Susan C. and HABTE, M. plant mechanisms and mycorrhizal symbioses to increase phosphorus uptake efficiency. En: *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2001, vol. 32, no 7-8, p. 1101-1147.
40. MOLINA, M. L, et al. Importancia del manejo de hongos micorrizogenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles. En: *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2005, vol. 18 no 2, p. 162-175.
41. MORENO, Patricia. Inoculación de micorrizas MVA en papa (*Solanum tuberosum*) respuesta en el crecimiento y nutrición de plantas inoculadas en invernadero y en campo. En: *Revista Latinoamericana de la Papa*. 1988, vol. 1, p. 84-103.

42. NICHOLSON, T. N. and SCHENCK, N. C. Endogonaceus mycorrhizal endophytes in Florida. En: Mycologia. 1979, vol. 71, p. 178-198.
43. OEHL, F. et al. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. IMA Fungus. En: The Global Mycological Journal. 2011, vol. 2 no 2, p. 191–199.
44. OEHL, F. et al. Revision of *Glomeromycetes* with entrophosporoid and glomoid spore formation with three new Ogenera. En: Mycotaxon. 2011, vol. 117 no 1, p. 297–316.
45. OEHL, F. et al. Glomeromycota: Three new genera and glomoid species reorganized. En: Mycotaxon. 2011, vol. 116 no 1, p. 75-120.
46. OLIVEIRA, Arlem Nascimento de and OLIVEIRA, Luiz Antonio de. Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in plants of *Theobroma grandiflorum Schum* and *Paullinia cupana Mart.* of an agroforestry system in Central Amazonia. En: Brazilian Journal of Microbiology. 2005, vol. 36 no 3, p. 262-270.
47. ÖPIK, M. et al. Composition of root colonizing arbuscular mycorrhizal fungal community's indifferent ecosystems around the globe. En: Journal of Ecology. 2006, Vol. 94 no 4, p. 778-790.
48. PANWAR, J. and TARAFDAR, J. C. Arbuscular mycorrhizal fungal dynamics under *Mitragyna parvifolia* (Roxb.) Korth. In Thar Desert. En: Applied Soil Ecology. 2006, vol. 34 no 2, p. 200-208.

49. PANWAR, J. and TARAFDAR, J. C. Distribution of three endangered medicinal plant species and their colonization with arbuscular mycorrhizal fungi. En: Journal of Arid Environments. 2006, vol. 65 no 3, p. 337-350.
50. PEÑA, C. et al. Micorrizas arbusculares de la Amazonia colombiana. Catálogo ilustrado. Instituto amazónico de investigaciones científicas–sinchi. 2006, p. 90.
54. PÉREZ C, Alexander. 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. Tesis de Maestría. Bogotá, Colombia.: Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias. Departamento de Ciencias Biológicas. 2003.
55. PÉREZ C, Alexander y VERTEL, M.M. Evaluación de la colonización de micorrizas arbusculares en pasto *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus. En: Revista MVZ Córdoba. Septiembre-Diciembre, 2010. vol.15, no. 3. p. 2165-2174.
51. PÉREZ C, Alexander. BOTERO L, Catalina. y CEPERO G, María. Diversidad de micorrizas arbusculares en pasto colosoana de fincas ganadera del municipio de Corozal-Sucre. En: Revista MV Córdoba. Mayo-Agosto, 2012. vol. 17, no. 2. p. 3024-3032.
56. PÉREZ C, Alexander. y PEROZA, V.C. Micorrizas arbusculares asociadas al pasto angletón en fincas ganaderas del municipio de Tolú, Colombia. En: Revista MVZ Córdoba. Enero-Abril, 2013. vol. 18, no. 1. p. 3362-3369.

57. PÉREZ C, Ricardo, M. PÉREZ C. Alexander. y VERTEL M, Melba, M. Caracterización nutricional, fisicoquímica y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistemas de pasturas en la subregión sabanas del departamento de Sucre, Colombia. En: Revista Tumbaga. 2010. vol. 1, no. 5. p. 27-37.
58. PEROZA C, Víctor y PÉREZ C, Alexander. Efecto de parámetros físicos, químico y salinidad sobre la densidad poblacional y la colonización de micorrizas arbusculares en pasto Angleton en el municipio de Tolú, Sucre, Colombia. En: Revista Colombiana Cienc. Anim. 2010. vol. 2, no. 2. p. 310-324.
59. PETERSON, R, Larry. MASSICOTTE, Hugues B. and MELVILLE, Lewis H. Mycorrhizas: anatomy and cell biology. Canada: CABI, 2004. p.165-180.
60. PICONE, Chris. Diversity and abundance of arbuscular-mycorrhizal fungus spores in tropical forest and pasture. En: Biotropica. 2000. Vol. 32, no 4. p. 734-750.
61. SAN MARCOS-SUCRE. Plan básico de ordenamiento territorial. Diagnostico Ambiental del municipio de San Marcos Departamento de Sucre. Sucre: Capítulo V, Diagnostico Ambiental, 2008. p. 225-226.
62. SAN MARCOS. Plan básico de ordenamiento territorial. Diagnóstico biofísico del municipio de San Marcos departamento de Sucre. Sucre: Capítulo IV, Diagnóstico biofísico, 2008. p. 141-219.
63. SUCRE. Plan de gestión ambiental regional-corpomojana. Fondo de Compensación Ambiental–Asociación de Corporaciones. Departamento de Sucre: Documento final Fase I, 2002-2012. p. 1-345.

64. QUILAMBO, Orlando. The vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. En: Revista African Journal Biotechnology. 2003. vol. 2, no. 12. p. 539-546.
65. RAMÍREZ, María Margarita. y SERRALDE, Ana María. Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz (*Zea mays*) cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos. En: Revista Corpoica, Octubre, 2004, vol. 5, no 1. p. 31-40.
66. READ, D.J. Mycorrhiza. The state of the art. En: Mycorrhiza Edición 2. (A.Varma y B. Hock, Eds). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 1999, p. 3-34.
67. REY, Ana María. CHAMORRO, D. y RAMÍREZ, M. Efecto de la doble inoculación de Rizobios y micorrizas sobre la producción y calidad del forraje de *Leucaena leucocephala*. En: Revista Corpoica, 2005, vol. 6, no 2. p. 52-59.
68. RODRÍGUEZ, I. CRESPO, G. y RODRÍGUEZ, C. Biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes pastizales. En: Revista cubana de ciencia Agrícola. 2002. Tomo 36, no. 4, p 403 – 408.
69. SAFIR, G. and DUNIWAY, J. M. Evaluation of plant response to colonization by vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi, environmental variables. Florida. En: Schenck, N.C. 1982. p. 244.
70. SÁNCHEZ De P M. y GÓMEZ L., E. D. El suelo: un sistema vivo. Cuaderno ambiental. Palmira-cali. Instituto de Estudios Ambientales. 2000, p.14.

71. SIEVERDING, E. Vesicular–arbuscular micorriza management in tropical agroecosistem. En: GTZ Federal Republic of Germany. 1991. p. 370.
72. SIEVERDING, Ewald. and OEHL, Fritz. Revision of Entrophospora and description of Kuklospora and Intrasporea, two new genera in the arbuscular mycorrhizal Glomeromycetes. En: Journal of Applied Botany and Food Quality, February, 2006, vol. 80, no 1, p. 69-81.
73. SIQUEIRA, J. Micorrizas. La nueva tecnología biológica para una caficultura sostenible, segundo seminario internacional. Popayán. 2000.
74. SMITH, Frank Andrew. JAKOBSEN, I. and SMITH, Sally E. Spatial differences in acquisition of soil phosphate between two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Medicago truncatula*. En: New phytologist, August, 2000, vol. 147, no 2, p. 357-366.
75. STRULLU-DERRIEN, Christine. and STRULLU, Désiré-Georges. Mycorrhization of fossil and living plants. En: Comptes Rendus Palevol, November, 2007, vol. 6, no 6, p. 483-494.
76. TANG, Fen. WHITE, Jennifer A. and CHARVAT, Iris. The effect of phosphorus availability on arbuscular mycorrhizal colonization of *Typha angustifolia*. En: Mycologia, November-December 2001, vol. 93, no. 6. p. 1042-1047.
77. TOMMERUP, I. C. Spore dormancy in vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. En: Transactions of the British Mycological Society, August, 1983, vol. 81, no 1, p. 37-45.

78. VARMA, A. and HOCK, B. Micorrhiza, Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology. Second Edition, Berlin: Springer, 1995. p. 391.
79. WHETTEN. R and ANNE. J. A. Theoretical considerations in the commercial utilization of mycorrhizal fungi. Citado por ARORA, Dilip; ELANDER, Richard and MUKERSI, K. G. Handbook of applied mycology. New York. En: Fungol Biotechnology. 1992. Vol. 4. 1114 p. 8247-850.

ANEXOS

ANEXO A. Murograma, para el registro de las características morfológicas de las esporas de HFMA y su posterior identificación a nivel de géneros.

ANEXO. 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 spora:

Globosa Subglobosa Ovoide Elipsoide Irregular

B. Diámetro de la Espora (μm) _____

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 spora:

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 B. Análisis de caracterización Física y química de suelos de las zonas.

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
CENTRO DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS**

	RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELO CARACTERIZACION
CODIGO	

FECHA DE RECIBO:
DEPARTAMENTO: SUCRE
CORREGIMIENTO: SANTA INES
FINCA: PUENTE SANTA INES

ANALISIS N°:
MUNICIPIO: SAN MARCOS
CULTIVO: COLOSUANA

DETERMINACION	VALOR	INTERPRETACION	Valores Medios
pH(Agua 1:1,P/V)	5.95	Medianamente acido	5.80-7.20
Materia orgánica (%)	1.55	D	2.0-4.0
Fosforo (mg.kg ⁻¹), Bray II	7.29	D	15-30
C.I.C (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	10.00	D	10-20
Calcio (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	3.80	D	5-7
Magnesio (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	2.87	C	2-3
Potasio (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	0.28	C	0.2-0.4
Sodio (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	2.39	E	< 1.0
Porosidad total (%)	32,83	Muy baja	
Textura (M.Bouyoucos)	Franco-Arenoso		Franco Arcilloso
Densidad Aparente, gr.cm ⁻³	1,78	Alta	
Densidad Real, gr.cm ⁻³	2,65	Adecuada	
% Humedad	4,15	Muy baja	

INTERPRETACION Y OBSERVACIONES

- A: Contenido abundante o valor alto pero no excesivo
- B: Contenido suficiente o valor adecuado (bueno)
- C: Contenido Moderado o valor medio (regular)
- D: Contenido deficiente o valor bajo (pobre)
- E: Contenido excesivo o valor muy alto, puede ser perjudicial
- F: Contenido ínfimo o valor muy bajo (muy pobre)

✓ Suelo compactado

UNIVERSIDAD DE SUCRE
CENTRO DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

	RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELO
CODIGO	CARACTERIZACION

FECHA DE RECIBO
DEPARTAMENTO: SUCRE
CORREGIMIENTO: CAÑAHUATE
FINCA: EL BAJO

ANALISIS N°:
MUNICIPIO: SANMARCOS
CULTIVO: COLOSUANA

DETERMINACION	VALOR	INTERPRETACION	Valores Medios
pH(Agua 1:1,P/V)	4.80	Muy fuertemente ácido	5.80-7.20
Materia orgánica (%)	1.50	D	2.0-4.0
Fosforo (mg.kg ⁻¹), Bray II	3.64	F	15-30
C.I.C (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	10.00	D	10-20
Calcio (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	2.00	F	5-7
Magnesio (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	1.33	F	2-3
Potasio (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	0.45	B	0.2-0.4
Sodio (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	0.87	C	< 1.0
Porosidad total (%)	53,99	Satisfactoria	
Textura (M.Bouyoucos)	Franco-Arcilloso		Franco Arcilloso
Densidad Aparente, gr.cm ⁻³	1,21	Moderada	
Densidad Real , gr.cm ⁻³	2,63	Adecuada	
% Humedad	15	Baja	

INTERPRETACION Y OBSERVACIONES

- A: Contenido abundante o valor alto pero no excesivo
- B: Contenido suficiente o valor adecuado (bueno)
- C: Contenido Moderado o valor medio (regular)
- D: Contenido deficiente o valor bajo (pobre)
- E: Contenido excesivo o valor muy alto, puede ser perjudicial
- F: Contenido ínfimo o valor muy bajo (muy pobre)

✓ Suelo no compactado

UNIVERSIDAD DE SUCRE
CENTRO DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

CODIGO	RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELO	
	CARACTERIZACION	

FECHA DE RECIBO:
DEPARTAMENTO: SUCRE
CORREGIMIENTO: SANTA INES
FINCA:-BOSQUE NATURAL

ANALISIS N°:
MUNICIPIO: SAN MARCOS
CULTIVO: COLOSUANA

DETERMINACION	VALOR	INTERPRETACION	Valores Medios
pH(Agua 1:1,P/V)	5.11	Muy fuertemente acido	5.80-7.20
Materia orgánica (%)	0.77	F	2.0-4.0
Fosforo (mg.kg ⁻¹), Bray II	5.47	D	15-30
C.I.C (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	7.00	D	10-20
Calcio (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	0.80	F	5-7
Magnesio (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	0.53	F	2-3
Potasio (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	0.13	F	0.2-0.4
Sodio (cmol.kgr ⁻¹ suelo)	0.65	D	< 1.0
Porosidad total (%)	53,18	Satisfactoria	
Textura (M.Bouyoucos)	Arenoso-Franco		Franco Arcilloso
Densidad Aparente, gr.cm ⁻³	1,25	Moderada	
Densidad Real, gr.cm ⁻³	2,67	Adecuada	
% Humedad	10%	Baja	

INTERPRETACION Y OBSERVACIONES

- A: Contenido abundante o valor alto pero no excesivo
- B: Contenido suficiente o valor adecuado (bueno)
- C: Contenido Moderado o valor medio (regular)
- D: Contenido deficiente o valor bajo (pobre)
- E: Contenido excesivo o valor muy alto, puede ser perjudicial
- F: Contenido ínfimo o valor muy bajo (muy pobre)

✓ Suelo no compactado

UNIVERSIDAD DE SUCRE
CENTRO DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

	RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELO
CODIGO	CARACTERIZACION

FECHA DE RECIBO:
DEPARTAMENTO: SUCRE
CORREGIMIENTO: BUENAVISTA
FINCA: YUCATAN

ANALISIS N°:
MUNICIPIO: SAN MARCOS
CULTIVO: COLOSUANA

DETERMINACIÓN	VALOR	INTERPRETACIÓN	VALORES MEDIOS
pH (agua 1: 1, p/v)	4.77	Muy fuertemente ácido	5.80
Materia orgánica (%)	1.93	D	2.0-4.0
Fosforo (mg.kg-1), Bray II	5.47	D	15-30
c.i.c (cmol. Kg ⁻¹ Suelo)	6.50	F	10-20
Calcio(cmol.kg ⁻¹ .suelo)	1.60	F	5-7
Magnesio (c.mol. kg ⁻¹ suelo)	1.57	D	2-3
Potasio (cmol. Kg-1 Suelo)	0.54	B	0.2-0.4
Sodio (cmol.kg-1 suelo)	1.39	A	<1.0
Porosidad total (%)	33,96	Muy baja	
Textura (M.Bouyoucos)	Franco-Arenoso		Franco Arcilloso
Densidad Aparente, gr.cm ⁻³	1,75	alta	
Densidad Real gr.cm ⁻³	2,65	adecuada	
% Humedad	4,36	Muy baja	

INTERPRETACION Y OBSERVACIONES

- A: Contenido abundante o valor alto pero no excesivo
- B: Contenido suficiente o valor adecuado (bueno)
- C: Contenido Moderado o valor medio (regular)
- D: Contenido deficiente o valor bajo (pobre)
- E: Contenido excesivo o valor muy alto, puede ser perjudicial
- F: Contenido ínfimo o valor muy bajo (muy pobre)

✓ Suelo compactado

ANEXO C. Resultados del Anova de densidad de esporas de HFMA, entre zonas, determinados por el software estadístico R

	Df	Sum sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)***
Zona. de muestreo	3	1446969	482323	26.23	9.36e-09 ***
Residuals	32	588300	18384		
Signif. codes	0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

ANEXO D. prueba de Tukey para la densidad de esporas de HFMA, entre zonas. Determinados con el software R.

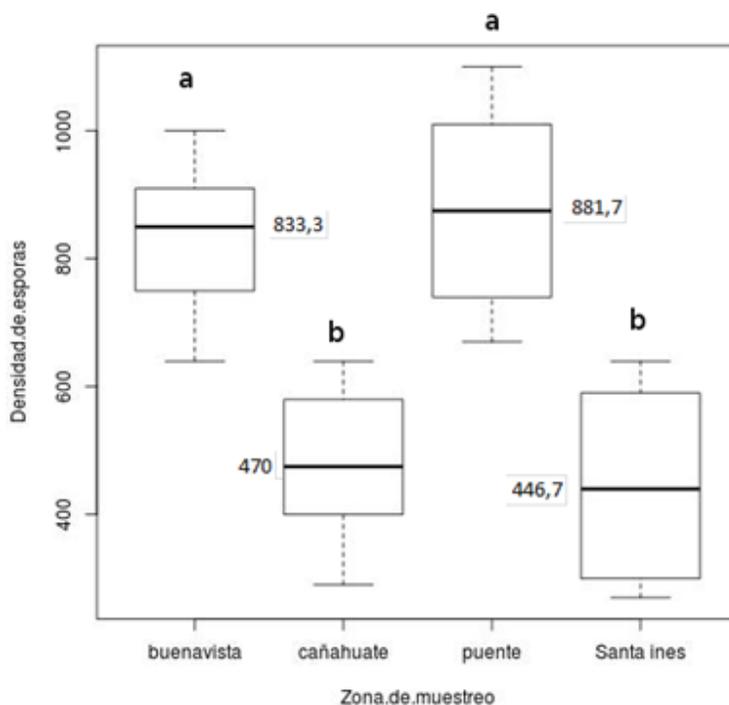


Figura 14: Resultados de la prueba de Tukey y gráfico de boxplot, de la distribución de zonas para la densidad promedio de esporas de HMA. Según la Prueba de Tukey existen diferencias significativas, en la densidad de esporas de HMA, entre Buenavista y santa Inés puente con respecto a santa Inés y cañahuate con un nivel de confianza del 95%.

ANEXO E. Resultados del Anova de porcentaje de colonización de HMA, entre zonas determinados por el software R.

	Df	Sum sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)***
Zona. de muestreo	3	494.2	164.75	49.42	1.66e-05 ***
Residuals	8	26.7	3.33		
Signif. codes	0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

ANEXO F. Prueba Tukey, Para el porcentaje de colonización de HMA, entre zonas, determinados con el software R.

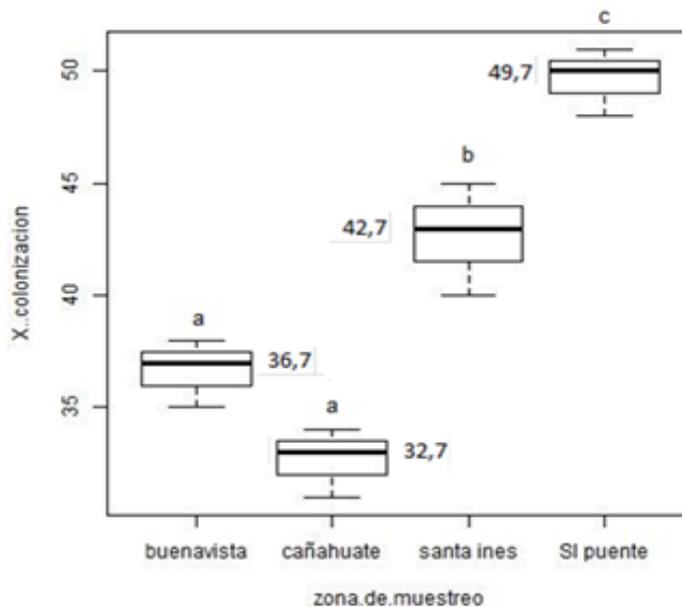


Figura 15: Resultados de la prueba de Tukey y gráfico de boxplot de la distribución de zonas, para el % promedio de colonización de HMA. Según la Prueba de Tukey existen diferencias significativas en el porcentaje de colonización de HMA, entre santa Inés y santa Inés puente con respecto a Buenavista y cañahuate con un nivel de confianza del 95%.

ANEXO G. Coeficientes de correlación, entre la densidad de esporas de HFMA y los parámetros físicos químicos del suelo, y su significancia al nivel del 0,05.

	densidad de esporas	t calculado	t tabulado 0,05 (2,0.05)
pH	0,488203177	0,79	0,95
MO	0,715503638	1,47	0,95
C.I.C	0,015102135	0,021	0,95
P	0,725967461	1,52	0,95
Ca	0,665086191	1,28	0,95
Mg	0,823927318	2,05	0,95
K	0,358748449	0,55	0,95
Na	0,886804215	2,78	0,95
porosidad total	-0,996535421	9,9	0,95
Humedad	-0,900005866	2,9	0,95
Densidad Aparente	0,987800581	9,8	0,95
Densidad Real	-0,041160376	0,06	0,95

ANEXO H. Coeficientes de correlación, entre el porcentaje de colonización de HFMA y los factores fisicoquímicos del suelo y su significancia al nivel del 0,05.

	% COLONIZACION	t calculado	t tabulado 0,05 (2,0.05)
pH	0,935813402	3,92	0,95
MO	-0,259170781	0,38	0,95
C.I.C	0,151925059	0,21	0,95
P	0,936528961	3,92	0,95
Ca	0,547699326	0,93	0,95
Mg	0,534757736	0,88	0,95
K	-0,64990495	1,2	0,95
Na	0,675648264	1,31	0,95
porosidad total	-0,471910941	0,76	0,95
Humedad	-0,622699639	1,13	0,95
Densidad Aparente	0,428293083	0,66	0,95
Densidad Real	0,550899389	0,93	0,95

ANEXO I. Coeficiente de correlación, entre el porcentaje de colonización de HFMA y la densidad de esporas y su significancia al nivel del 0,05.

	DENSIDAD DE ESPORAS	t calculado	t tabulado 0.05(2,0.05)
PORCENTAJE DE COLONIZACION	0,464939774	0,73	0,95

ANEXO J. Número de géneros o taxas de HFMA aislados y la riqueza de géneros de HFMA de acuerdo al estado uso y manejo del suelo.

SUELO	COMPACTADO	NO COMPACTADO
MARGALEF	2,791	2,791
TAXA_ S	6	6

ANEXO K. Géneros de HFMA aislados en suelo compactado y no compactado del municipio de San Marcos.

SUELO	COMPACTADO	NOCOMPACTADO
GENEROS	<i>Glomus</i>	<i>Claroideoglomus</i>
	<i>Diversispora</i>	<i>Glomus</i>
	<i>Funneliformis</i>	<i>Ambispora</i>
	<i>Intraspora</i>	<i>Gigaspora</i>
	<i>Tricispora</i>	<i>Acaulospora</i>
	<i>Simiglomus</i>	<i>Viscospora</i>

ANEXO L. Número de especies o taxas de HFMA aislados en cada zona, y la riqueza de especies de HFMA en cada una de estas.

ZONAS	SANTA INES	CAÑAHUATE	BUENAVISTA	PUENTE
Taxa_ S	15	3	6	7
INDICE DE RIQUEZA	5,17	1,82	2,791	3,083

ANEXO M. Especies de HFMA encontrados en cada zona, muestreada del municipio de San Marcos.

	SANTA INES	CAÑAHUATE	BUENAVISTA	PUENTE
ESPECIES	<i>Claroideoglosum sp.</i>	<i>Viscospora viscosa</i>	<i>Glomus sp.2</i>	<i>Glomus multicaule</i>
	<i>Glomus pallidum</i>	<i>Glomus aureum</i>	<i>Glomus corymbiforme</i>	<i>Funneliformis monosporus</i>
	<i>Glomus microaggregatum</i>	<i>Glomus invermaium</i>	<i>Diversispora sp.</i>	<i>Intraspora sp.</i>
	<i>Ambispora sp.</i>		<i>Glomus sp.1</i>	<i>Tricispora nevadensis</i>
	<i>Claroideoglosum claroideum</i>		<i>Glomus ambisporum</i>	<i>Diversispora spurca</i>
	<i>Glomus sp.3</i>		<i>Glomus manihotis</i>	<i>Simiglosum hoi</i>
	<i>Glomus brohultii</i>			<i>Diversispora eburnea</i>
	<i>Glomus Glomerulatum</i>			
	<i>Gigaspora sp.</i>			
	<i>Glomus cerebriforme</i>			
	<i>Glomus tortuosum</i>			
	<i>Claroideoglosum etunicatum</i>			
	<i>Acaulospora mellea</i>			
	<i>Viscospora Sp.</i>			
	<i>Gigaspora albida</i>			

ANEXO N. Número de especies o taxas de HFMA aislados y la riqueza de especies de HFMA de acuerdo al estado uso y manejo del suelo.

SUELO	COMPACTADO	NO COMPACTADO
Taxa_S	13	18
Margalef	4,678	5,882

ANEXO O. Especies de HFMA aislados en suelo compactado y no compactado del municipio de San Marcos.

	NO COMPACTADO	COMPACTADO
ESPECIES	<i>Claroideoglomus sp.</i>	<i>Glomus sp.2</i>
	<i>Glomus pallidum</i>	<i>Glomus corymbiforme</i>
	<i>Glomus microaggregatum</i>	<i>Diversispora sp.</i>
	<i>Ambispora sp.</i>	<i>Glomus sp.1</i>
	<i>Claroideoglomus claroideum</i>	<i>Glomus ambisporum</i>
	<i>Glomus sp.3</i>	<i>Glomus manihotis</i>
	<i>Glomus brohultii</i>	<i>Glomus multicaule</i>
	<i>Glomus Glomerulatum</i>	<i>Funneliformis monosporus</i>
	<i>Gigaspora sp.</i>	<i>Intraspora sp.</i>
	<i>Glomus cerebriforme</i>	<i>Tricispora nevadensis</i>
	<i>Glomus tortuosum</i>	<i>Diversispora spurca</i>
	<i>Claroideoglomus etunicatum</i>	<i>Simiglomus hoi</i>
	<i>Acaulospora mellea</i>	<i>Diversispora eburnea</i>
	<i>Viscospora Sp.</i>	
	<i>Gigaspora albida</i>	
	<i>Viscospora viscosa</i>	
	<i>Glomus aureum</i>	
	<i>Glomus invermaium</i>	