

**RELACIÓN ENTRE LA COLONIZACIÓN POR HONGOS SEPTADOS OSCUROS,
HONGOS MICORRÍCICOS ARBUSCULARES Y FACTORES EDÁFICOS
PRESENTES EN CULTIVOS DE BANANO (*Musa paradisiaca* L.).**



DIEGO ALBERTO GUERRERO ARIZA

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA AGROECOLÓGICA

SEPTIEMBRE-2015

BOGOTÁ D. C.

**RELACIÓN ENTRE LA COLONIZACIÓN POR HONGOS SEPTADOS OSCUROS,
HONGOS MICORRICICOS ARBUSCULARES Y FACTORES EDÁFICOS
PRESENTES EN CULTIVOS DE BANANO (*Musa paradisiaca* L.).**

DIEGO ALBERTO GUERRERO ARIZA

**Informe final del trabajo de grado para optar al título como
Ingeniero en Agroecología**

Director

RAÚL HERNANDO POSADA

Co-director

SUD SAIR SIERRA

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA- PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROECOLÓGICA
SEPTIEMBRE-2015
BOGOTÁ D. C.**

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá D. C., Septiembre del 2015

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a mi familia, amigos y compañeros por su acompañamiento y apoyo en todo momento en el desarrollo de mi formación, a la vida misma por ponerme en el camino todas las guías, ayudas, caídas y levantamientos que me han llevado a crecer como persona y no dejar morir cada uno de mis sueños, al programa de Ingeniería Agroecológica de UNIMINUTO, a cada docente que me mostro una forma de vida tan maravillosa como es la agroecología, a mis compañeros y amigos de la carrera que me generaron grandes aportes a mi formación personal y profesional y a todos aquellos que de una u otra forma colaboraron en mi camino para ser con gran orgullo y pasión un Ingeniero en Agroecología.

AGRADECIMIENTOS

El estudio fue financiado por el proyecto “Desarrollo de un biofertilizante mixto específico para banano (Fase inicial)” financiado por el Ministerio de Agricultura y con seguimiento de CENIREC Contrato N° CE-13158-104-10. Agradezco de forma especial a Nubia Higuera y Sair Sierra quienes nos acompañaron como docentes del programa Ingeniería Agroecológica de UNIMINUTO, a las laboratoristas Ana Milena Quevedo y Erika Moreno por su colaboración y ayuda en todo momento, así como al grupo de trabajo en el proyecto CENIREC por su amistad y gratos momentos. Al profesor, amigo y director del proyecto Raúl Posada, por todos los conocimientos aportados y enseñanzas que me dejó en el camino, a las personas que nos colaboraron en cada una de las fincas muestreadas, y a todos y cada uno de los que colaboraron en el desarrollo del proyecto que sin su ayuda no hubiese sido posible la finalización del mismo.

Tabla de contenido

Capítulo I. Problemática.....	15-23
1.1. Pregunta problema.....	15
1.2. Preguntas subordinadas.....	15
1.3. Problema concreto a resolver.....	15
1.4. Situación actual del problema.....	15
1.5. Justificación.....	19
1.6. Objetivo general.....	23
1.6.1. Objetivos específicos.....	23
Capítulo II. Marco teórico.....	24-30
2. Revisión de literatura.....	24
2.1. Marco conceptual.....	24
2.2. Revisión de fuentes teóricas.....	26
2.2.1. Micorrizas arbusculares.....	26
2.2.2. Hongos Septados Oscuros.....	30
Capítulo III. Metodología.....	33-42
3.1. Selección de localidades, terrenos y plantas.....	33

3.1.1. Zona 1. Municipio de La Vega y Albán Cundinamarca (Z1).....	33
3.1.2. Zona 2. Municipio de Apartado y Chicorodo, Urabá Antioquia (Zona Bananera) (Z2).....	34
3.1.3. Municipio Zona Bananera cabecera municipal Prado - Sevilla, Magdalena (Z3).....	35
3.2. Muestreos.....	37
3.3. Análisis de laboratorio.....	37
3.3.1. Análisis de las propiedades físico-químicas de las muestras de suelo.....	37
3.3.2. Determinación de la colonización por HMA y HSO en las muestras de raíz de banano.....	39
3.3.3. Cuantificación colonización por HMA Y HSO en raíces de banano.....	40
3.4. Análisis de datos.....	42
Capítulo IV. Resultados.....	44-52
4.1. Parámetros edáficos, concentraciones y promedios por zonas y fincas.....	44
4.2. Relación entre los componentes edáficos físico-químicos.....	46
4.3. Colonización por hongos micorrizicos arbusculares y hongos septados oscuros.....	47

4.3.1. Nivel de colonización en muestras del municipio de La Vega y Albán, Cundinamarca (Zona 1).....	49
4.3.2. Nivel de colonización en muestras del municipio de Apartado y Chicorodo, Uraba Antioquia (Zona 2).....	50
4.3.3. Nivel de colonización en muestras de la zona bananera prado Sevilla municipio de Santa Marta, Magdalena (Zona 3).....	50
4.3.4. Nivel de colonización presente en todas las zonas de estudio.	51
4.4. Estudio de correlaciones entre los factores edáficos físico químicos y la colonización por HMA y HSO.....	52
4.5. Análisis y discusión.....	55-70
4.5.1. Relación entre los parámetros edáficos y la colonización radical por micorrizas y por hongos septados oscuros.....	55
4.5.2. Colonización radical por hongos micorrizicos arbusculares y hongos septados oscuros en plantas de banano.....	61
4.6. Conclusiones.....	65
4.7. Recomendaciones.....	66
Referencias bibliográficas.....	69

Índice de figuras.

<i>Figura 1:</i> Mapa municipio Alban y La Vega, Cundinamarca.....	34
<i>Figura 2:</i> Mapa Zona Bananera de Urabá, Antioquia.....	35
<i>Figura 3:</i> Mapa municipio de Zona Bananera, Magdalena.	36
<i>Figura 4:</i> Muestreo del cultivo. a) búsqueda de raíces. b) recolección de suelo y raíces.....	37
<i>Figura 5:</i> procedimientos. a) aclaramiento de raíces. b) tinción de raíces. c) selección de raíces teñidas. d) raíces en láminas portaobjetos listas para su cuantificación. e) montaje en microscopio observacion de laminas para determinar cuantificacion. f) campo observado de raiz.....	41-42
<i>Figura 6:</i> Distribución de fincas a partir de la influencia de los parámetros físico-químicos (análisis de componentes principales).....	46
<i>Figura 7:</i> a) Colonización por hongos micorrizicos arbusculares. b) Colonización por hongos septados oscuros. c-d) presencia de colonización por los micosimbiontes en el mismo cuadrante de observación;  : colonización por hongos micorrizicos arbusculares;  : colonización por hongos oscuros septados.....	48

Figura 8: Porcentajes de colonización en muestras de raíces de banano por micosimbiontes en el municipios de Sasaina y Albán, Cundinamarca (Zona 1).....49

Figura 9: Porcentajes de colonización en muestras de raíces de banano por micosimbiontes en la zona bananera municipio de Apartado y Chicorodo, Uraba Antioquia del Urabá, Antioquia (Zona 2).....50

Figura 10: Porcentajes de colonización en muestras de raíces de banano por micosimbiontes en la cabecera municipal Prado Sevilla en el municipio de Zona Bananera, Magdalena (Zona 3).....51

Figura 11: Porcentajes de colonización por micosimbiontes presentes en las tres zonas de estudio. Z1: La Vega y Albán, Cundinamarca; Z2: Apartado y Chicorodo, Antioquia; Z3: Prado Sevilla Zona Bananera, Magdalena.....52

Índice de tablas.

Tabla 1: <i>Promedio de 6 observaciones \pm error estándar para las variables físico-químicas edáficas en 12 fincas bananeras en 3 zonas geográficas de Colombia.</i>	44-45
Tabla 2: <i>Porcentajes de colonización presentados por los hongos de estudio en las muestras por el método de intercepción de campos por placa</i>	48
Tabla 3: <i>Correlaciones de Spearman (Valor de $P > 0,05$) entre HMA, HSO y parámetros edáficos físico-químicos para datos totales por zona y por finca</i>	54-55

Anexos

Anexos 1. Tablas de conteos de colonizaciones en las zonas de estudio.....86-88

Anexo 1.1: Resultados de colonización en la Zona 1 (La Vega, Cundinamarca).....86

Anexo 1.2: Resultados de colonización en la Zona 2 (Urabá, Antioquia).....87

Anexo 1.3: Resultados de colonización en la Zona 3 (Santa Marta, Magdalena).....88

Anexos 2. Tablas de resultados análisis físico-químicos.....89-91

Anexo 2.1: Resultados análisis físico-químicos en la Zona 1 (La Vega y Albán,
Cundinamarca).....89

Anexo 2.2: Resultados análisis físico-químicos en la Zona 2 (Urabá, Antioquia).....90

Anexo 2.3: Resultados análisis físico-químicos en la Zona 3 (Santa Marta,
Magdalena).....91

Relación entre la colonización por hongos septados oscuros, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presentes en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

RESUMEN

Los hongos septados oscuros (HSO) y los hongos formadores de micorriza arbuscular (HMA) pueden colonizar simultáneamente raíces de diversas plantas, su función y asociación puede ser simbiótica, comensalista o parasítica y se considera que puede ser dependiente de las condiciones ambientales. El banano en Colombia se cultiva en condiciones edáficas de alto contenido de fósforo (P) disponible y total, llegando a ser colonizado por ambos hongos. Se evaluó la relación entre los micosimbiontes, con algunos factores edáficos. Solo fue posible encontrar una relación positiva generalizable entre la humedad y la colonización por HSO, mientras no fue posible generalizar relaciones de factores edáficos con los HMA de forma independiente; el carbón orgánico fue el único factor que mostró efecto positivo simultáneo sobre la colonización por HSO y HMA, estabilizando la relación HSO/HMA a valores cercanos a 0.5, en estas circunstancias, tanto la importancia ecológica como el beneficio potencial de ambos organismos en la relación que se establece son desconocidos.

Palabras claves

Micosimbionte, Cultivos de banano, Endófito, Hongos septados oscuros, Hongos micorrizicos arbusculares.

Relationship between colonization of dark septate fungal, arbuscular mycorrhizal fungi and soil factors in banana crops (*Musa paradisiaca* L.).

ABSTRACT

Dark septate fungi (DSF) and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can simultaneously colonize the roots of different plants. Their function and association, from symbiotic to parasitic, is believed to be dependent on environmental conditions. In Colombia, the banana is cultivated in edaphic conditions of high total and available P content and is colonized by both types of fungi. The relationship between these and certain edaphic factors was evaluated. It was only possible to find a generalizable positive relationship between moisture content and colonization by DSF, while it was not possible to generalize relationships of edaphic factors with AMF; organic carbon was the only factor that showed a simultaneous positive effect on colonization by DSF and AMF, establishing the DSF/AMF relationship at values close to 0.5. Under these circumstances, both the ecological significance and the potential benefit of both organisms in the established relationship remain unknown.

Keywords

Mico-symbiont, Banana crop, Endophyte, Arbuscular mycorrhizal fungi, Dark septate fungi

Capítulo I. Problemática.

1.1. Pregunta problema.

¿Se puede establecer algún tipo de relación entre la colonización radical por hongos septados oscuros, hongos micorrizicos arbusculares y algunos de los parámetros de suelo en cultivos de banano bajo diferentes condiciones edáficas?

1.2. Preguntas subordinadas.

¿Se encuentran los hongos septados oscuros presentes en las raíces de las plantas de banano?

¿Pueden algunos parámetros edáficos asociarse con la colonización de raíz por hongos micorrizicos arbusculares y por hongos oscuros septados?

¿Puede existir algún tipo de relación entre los hongos micorrizicos arbusculares y los hongos septados oscuros presentes en las raíces de las plantas de banano?

1.3. Problema concreto a resolver.

Tienen los factores edáficos algún tipo de relación con la colonización radicular por hongos septados oscuros y hongos micorrizicos arbusculares en los cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

1.4. Situación actual o contextual del problema.

En el 2009 el consumo mundial per capital de banano ascendía a 8,5 kg/habitante/año siendo un producto de gran demanda a nivel internacional (Colamarino,

2011), por otro lado en el 2010 la oferta mundial fue liderada por 5 países; Ecuador (24%), Bélgica (17%), Colombia (10%), Costa Rica (5%) y Guatemala (5%), abasteciendo al 61% de la demanda mundial (Gerencia de Investigación de Mercados Dominicana Exporta, 2010). Según la división de estadística de la FAO, la producción colombiana de este producto en el 2011 fue de 2,042,925.94 toneladas/año, siendo una fuente importante en la producción agrícola (FAO, 2013).

Para obtener un rendimiento de 70 ton/ha/año, las plantas de banano requieren extraer del suelo aproximadamente de 125 kg de nitrógeno, 400 kg de potasio y 15 kg de fosforo (López & Espinosa, 1995), desproporcionando de altas cantidades de nutrientes al suelo, por lo que es necesario invertir en fertilización, que representa aproximadamente entre el 15 y 17% del costo total de la producción (López, 1998). Para suplir estos requerimientos, la alternativa más utilizada es el empleo de grandes concentraciones de fertilizantes de síntesis industrial, con consecuencias negativas para el sistema edáfico y la salud humana, entre otros desordenes que se presentan en el ambiente (Stoorvogel & Vargas, 1998).

La actividad desarrollada por los microorganismos en la rizosfera es en cierto grado, la responsable del funcionamiento de los ecosistemas terrestres y de la fertilidad de los suelos (Pérez & Peroza, 2013). El uso de microorganismos como método de fertilización en los agroecosistemas, incrementa los procesos fisiológicos influenciando los rendimientos de los cultivos y garantizando una productividad económica y ecológica, sin generar un impacto nocivo en la resiliencia del suelo (Aguirre et al., 2009). El estudio de la colonización de mico-simbiontes mutualista como las micorrizas (HMA) y hongos

septados oscuros (HSO), puede ser el camino en la búsqueda de formas más limpias de fertilización.

El ambiente edáfico se ve influenciado por la presencia de simbioses, en el caso de los HMA son microorganismos de gran importancia para la mayoría de las plantas, afectando positivamente el crecimiento, nutrición, capacidad competitiva y productividad de las plantas (Heijden et al., 1998; Wilson, Hartnett, Smith, & Kobbeman, 2001), del mismo modo, las relaciones presentes entre organismos, la productividad del suelo y los ecosistemas, son afectados directa e indirectamente por la presencia de estos hongos (Pérez, Botero, & Cepero, 2012), pero se debe tener en cuenta, que las variaciones ambientales en los agroecosistemas pueden afectar a estos mico-simbioses (Becklin, 2010). Se evidencia que el nivel de interacción planta-hongo se ve influenciado por las variaciones espacio-temporales, la comunidad bacteriana, el tipo de ecosistema y las condiciones edáficas presentes (Xiaobu, Cheng, Yuelin, Gu, & Jingping, 2005), y si nos centramos en las condiciones del suelo, estas no pueden ser ignoradas, sin embargo poco se sabe sobre el efecto de estos factores en la colonización (Mingui, Ming, Qiaoming, & Xinxin, 2012).

En la actualidad, los estudios de microorganismos han aumentado buscando comprender su interacción con la rizosfera (Pineda, Zheng, van Loon, Pieterse, & Dicke, 2010; Planchamp, Balmer, Hund, & Mauch-Mani, 2013), dentro de estos, las investigaciones sobre HMA han tomado gran relevancia en la producción de banano, enfocándose en la adsorción de nutrientes (Oliveira, Oliveira, & Figueiredo, 2003); el crecimiento y desarrollo foliar de las plantas y la adsorción de fosforo (Barbosa, Ribeiro, & Da Costa, 2002); el nivel de colonización (Mnyazi et al., 2012); la colonización en

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

sustratos diferentes y en plantas micro-propagadas, al igual que la relación entre la fertilización y la materia orgánica (Usuga, Castañeda, Franco, Gómez, & Lopera, 2008a; Usuga, Castañeda, & Franco, 2008b); su relación con nematodos fitoparásitos (Elsen, Baimey, Swennen, & De Waele, 2003; Vaast, Caswell-Chen, & Zasoski, 1997); las relaciones edáficas (Gaidashova, Van Asten, Jefwa, Delvaux, & Declerck, 2010); y las relaciones ambientales (Gaidashova, Nsabimana, Karamura, van Asten, & Declerck, 2012). Esto demuestra que la utilización de este tipo de mico-simbiontes puede ser de gran utilidad y su investigación pudiera resultar en una reducción o posible reemplazo de los fertilizantes de síntesis industrial.

Por otro lado, los estudios de hongos septados oscuros son nulos en banano a nivel nacional o internacional, aunque en otras especies de plantas han sido reportados como posibles simbioses mutualistas, mejorando el desarrollo de las plantas, y aumentando las concentraciones de nitrógeno y fosforo (Barrow & Osuna, 2002; Jumpponen, 2001; Newsham, 2011).

La relación entre la colonización de micosimbiontes de plantas y los factores edáficos es de gran importancia (Guo, He, & Li, 2012), debido a que los factores presentes en el suelo, pueden afectar la colonización y formación de esporas (Xiaobu et al., 2005; Yongjun, Lei, Lizhe, Thorunn, & Huyuan, 2009), por lo que se buscó analizar las relaciones directas e indirectas con el nivel de colonización y los factores edáficos.

En Colombia, son pocos los estudios relacionados con micorrizas en banano. Los existentes están enfocados en la colonización, fertilización, sustratos y materia orgánica (Usuga, Castañeda, et al., 2008a; Usuga, Castañeda, et al., 2008b), localizados

únicamente en la zona del Urabá. En zonas productoras como el Magdalena medio y en regiones de menor producción como Valle del Cauca, Tolima y Cundinamarca no se han encontrado estudios actualmente publicados. Por otro lado y como se ha mencionado, los estudios de HSO en banano son nulos, pero la relación mutualista presente en otras plantas, sugieren que pueden ser beneficiosos para el banano, por lo que se hace necesario su estudio.

Por esta razón, es fundamental investigar la presencia de estos hongos en *Musa paradisiaca* L., con el fin de interpretar su relación, además, de entender como los factores edáficos, pueden afectar positiva o negativamente a estos microorganismos y la correlación con su huésped.

1.5. Justificación.

La población humana aumenta constantemente, según the Organization Population reference bureau en el 2014, el número total aproximado de personas era de 7.238 millones, y se estima que en el 2025 aumente a unos 8.082 millones, esto ha generado que la demanda de alimentos aumente constantemente y sea necesario buscar métodos de producción agrícola que pueda suplir las necesidades de hoy y mañana, además de ser sustentables buscando la conservación de recursos para las futuras generaciones (Organización de Naciones Unidas, 1987; Polaco, Polaco, & Velasquez, 2005).

En Colombia la producción agrícola total en el 2011 fue de 24,9 millones de toneladas, en donde el 33% fueron producidas por cultivos permanentes (Ministerio de agricultura y desarrollo rural, 2013). El área dedicada a este tipo de cultivos fue de

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

1.203.745 hectáreas (ha), de las cuales, 12.531ha, es decir el 1,04%, se destinaron a las plantaciones de banano (*Musa paradisiaca* L.) (Departamento administrativo nacional de Colombia, 2011). Este producto genera 95 millones de cajas al año, correspondiente a 700 millones de dólares y equivalente al 0.4% de producto interno bruto (PIB) del país (Asociación de bananeros de Colombia, 2013).

La fertilización es de vital importancia en la siembra y manejo del banano, gracias a esta práctica se obtiene una adecuada nutrición, lo que genera plantas y racimos de excelente peso y calidad (López & Espinosa, 1995). Del mismo modo, el uso de insecticidas, fungicidas, y demás productos sintéticos buscan obtener un producto ideal para los estándares exigidos, sin embargo la aplicación de estos insumos de síntesis industrial no solo en banano sino a nivel general, han producido desbalances y trastornos ecológicos en los agroecosistemas, por esta razón se han fomentado el interés por la utilización de prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente, siendo el uso microorganismos una posible alternativa de solución (Altieri & Nicholls, 2000).

Uno de los mecanismos para asegurar la sustentabilidad de los sistemas productivos es mediante el uso de insumos orgánicos, entre los que se encuentran los biofertilizantes (Sanjuán & Moreno, 2010): Estos pueden proporcionar diferentes ventajas en contraste con los productos de síntesis química, entre los que se pueden señalar: reducción en los costos de producción, menos dependencia de agro-tóxicos sintetizados del petróleo y menor daño ambiental, lo que logra una mayor sostenibilidad de los agroecosistemas (Abdalla, Rizk, & Adam, 2001; Adam, A, & F, 2002; El-Metwaly, 1998; Muhammad, Kaleem, Amjed, Syed, & Hassan, 2012; Schadt, Mullen, & Schmidt, 2001).

Los microorganismos del suelo se encuentran en un constante dinamismo, afectando directa o indirectamente el desarrollo de las plantas, asegurando la estabilidad y productividad de los ecosistemas naturales y los agroecosistemas (Ochoa, Pedraza, Martínez, & Abud, 2010), por esta razón, han sido usados para reducir el uso de plaguicidas y fertilizantes de síntesis industrial, además de ser utilizados en la producción orgánica y sustentable (Rojas & Moreno, 2008). Se han realizado investigaciones con base a las interacciones microbianas, con el fin de construir agro-tecnologías sustentables y que no tengan un impacto negativo con el medio ambiente (Ochoa et al., 2010). Dentro de estos organismos encontramos a algunos tipos de hongos simbiotes como las micorrizas arbusculares y los hongos septados oscuros.

Los hongos micorrizicos arbusculares (HMA), han tenido gran acogida debido a que son simbiotes naturales que se encuentra asociados con aproximadamente el 85% de las plantas conocidas (Perez, Rojas, & Montes, 2011 citando a Corwell et al., 2001; Tang et al., 2001; Strullu y Strullu, 2007; Miransari et al., 2009). Estos ayudan a mejorar el crecimiento y desarrollo de plantas, favorecen la supervivencia de plántulas al trasplante, estimulan el enraizamiento, ayudan a tolerar estrés por falta de agua y otros factores abióticos, mejoran la resistencia a patógenos y contribuyen a la reducción de los requerimientos externos de fosfatos (Sánchez, 2009; Sieverding, 1991).

Por su parte, los hongos endófitos se conocen como organismos que viven y colonizan tejido vivo en el interior de las plantas sin ocasionar efecto negativo (Hirsch & Braun, 1992); dentro de este grupo encontramos a los hongos septados oscuros (HSO), que se encuentran distribuidos en hábitats tropicales, árticos y alpinos (Jumpponen & Trappe, 1998). Aunque son muy pocas las investigaciones que se han generado sobre

este tipo de microorganismos, se ha evidenciado que aumentan la biomasa total y las concentraciones de N y P en plantas superiores (Newsham, 2011).

Los estudios realizados entre HMA y HSO, ha mostrado la aparición de estos dos tipos de hongos en raíces, lo que sugiere una posible relación dinámica entre Planta-HMA-HSO (Muthukumar, Senthilkumar, Rajangam, & Udaiyan, 2006), existiendo una gran posibilidad que en suelos tropicales estas interacciones sean mutualistas y beneficien a las plantas (Barrow & Osuna, 2002; Jumpponen, 2001). Según el Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, (2014), Colombia al estar sobre el meridiano ecuatorial es uno de los 12 países más mega diversos y el segundo país en diversidad de plantas (cerca de 41.000 especies). Por lo que puede haber una gran diversidad de interacciones entre micorrizas, hongos septados oscuros, suelo y autótrofos, que pueden ser estudiadas y utilizadas para el desarrollo agroecológico.

Dentro de los estudios entre las interacciones y la colonización entre micorrizas y HSO, se encuentran investigaciones realizadas en *Gentianaceae* (Salvarredi et al., 2010), *Melastomataceae* (Urcelay, Tecco, & Chiarini, 2005), *Poa rigidifolia* y heno *Deschampsia flexuosa* (García, Mendoza, & Pomar, 2012), la dispersión de estos hongos por el roedor *Ctenomys* cf. *knighti* (Fracchia, Krapovickas, Aranda-Rickert, & Valentinuzzi, 2011), en plantas medicinales (Muthukumar et al., 2006; Zubek, Błaszowski, & Mleczko, 2011), y su posible uso para la recuperación de especies vegetales en vía de extinción (Fuchs & Haselwandter, 2004), demostrando un alto interés por la comunidad investigativa.

Por estas razones, el estudio de las interacciones que hay entre la colonización de HMA y HSO en las raíces de *M. paradisiaca*, y los algunos parámetros edáficos debían ser conocidas, ya que pueden abrir una posibilidad de un manejo agroecológico que reduzca el uso de productos de síntesis industrial en este tipo de cultivos.

1.6. Objetivo general.

Evaluar la relación entre la colonización radical por hongos septados oscuros (HSO), hongos micorrizicos arbusculares (HMA) y algunos parámetros del suelo presenten en cultivos de banano bajo diferentes condiciones edáficas.

1.6.1. Objetivos específicos.

Evaluar la colonización radical por micorrizas y hongos septados oscuros en plantas de banano y su posible interacción.

Determinar la relación entre los parámetros edáficos y la colonización radical por micorrizas y por hongos septados oscuros en las diferentes zonas de estudio.

Capítulo II. Marco teórico.

2. Revisión de literatura.

2.1. Marco conceptual.

El suelo alberga microorganismos que de forma dinámica interactúan con otros y con su ambiente. La zona del suelo que posee mayor interacción es la rizosfera, en esta área adyacente la raíz viven en estrecha asociación los organismos del suelo (Coyne & Rasskin, 2000; Lee & Pankhurst, 1992) sean antagonistas, comensalitas o mutualistas. Dentro de esta última asociación se encuentra un tipo de simbiosis entre hongos del suelo y las raíces de las plantas conocidas como micorrizas (Sieverding, 1991; Smith & Read, 2008).

Dentro de las micorrizas se encuentran dos tipos representativos: ectomicorrizas las cuales rodean la raíz formando un manto fúngico y entre los espacios intercelulares formando una la red conocida como Hartig. (Román & Miguel, 2000). Por otro lado, las micorrizas arbusculares son las asociaciones más comunes de la tierra, formando simbiosis con aproximadamente el 85 % de las plantas de forma natural y en hábitats muy diversos (Smith & Read, 2008). Estas se caracterizan por la formación de arbusculos dentro de células corticales de diversas raíces, en donde la planta hospedera recibe nutrientes, y el micosimbionte obtiene compuestos de carbono (Smith & Read, 2008). Del mismo modo, la planta es más resistente a condiciones de estrés hídrico (Augé, 2001), y genera protección del sistema radicular contra patógenos, entre estos, los nematodos (Vaast et al., 1997).

Otro tipo de asociación presente en el suelo y la raíz está relacionada con los hongos septados oscuros conocidos en inglés como Dark septate fungi, son microsimbiontes estériles que presentan una pigmentación oscura y sus hifas son septadas, colonizando una amplia gama de especies de plantas (Jumpponen & Trappe, 1998). Generalmente, la colonización de las raíces forman una red de micelio sobre la superficie y dentro de la raíz invadiendo las células epidermales y corticales, además con frecuencia forman microesclerocios (grupos compactos de hifas), las cuales pueden servir como inóculo para la colonización de nuevas raíces, aunque no se ha confirmado esto (Peterson, Massicotte, & Melville, 2004). Actualmente son muy pocos los estudios relacionados con estos simbiontes pero se ha observado un aumento en la adquisición de fósforo y nitrógeno (Jumpponen & Trappe, 1998; Newsham, 2011), aumento de la raíz y tallo (Newsham, 1999), y han sido considerados como posibles organismos biocontroladores (Narisawa, Kawamata, Currah, & Hashiba, 2002). Los HMA y HSO pueden además, ser utilizados para favorecer la adsorción de nutrientes por parte de la planta huésped.

Los fertilizantes se entienden como cualquier material orgánico o inorgánico, natural o sintético que suministra a las plantas uno o más de los elementos químicos necesarios para su desarrollo (Sociedad colombiana de las ciencias del suelo, 2001). Es difícil estimar con exactitud la contribución generada al bienestar de la planta por estos compuestos, debido a la complejidad de las interacciones y factores presentes en los agroecosistemas (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura FAO, 2002).

Los fertilizantes minerales convencionales como la urea, polifosfatos, cloruro de potasio, entre otros, son los más conocidos y usados, en la agricultura, producen un aumento en la disponibilidad de los nutrientes que favorece la producción de las plantas (Wu et al., 2010), aunque las consecuencias de estos en relación con los microorganismo, pueden generar modificaciones en las poblaciones de hongos y bacterias presentes en el suelo (Ge, Zhang, Zhang, Yang, & He, 2008), por ende la acción de estos en los hongos micorrizicos puede ser favorables, neutrales o adversos.

Dentro de los estudios sobre la relación entre la fertilización y los HMA, se han encontrado que la fertilización mineral reduce el crecimiento de las HMA (Gryndler et al., 2006), la utilización de fosforo convencional afecta el crecimiento de las comunidades de HMA y reduce la humedad del suelo (Beauregard, Hamel, Atul-Nayyar, & St-Arnaud, 2010), al igual que a la utilización de nitrógeno de producción química, en donde, a través del tiempo, reduce las poblaciones y la diversidad de esporas (Bhadalung et al., 2005). Por otro lado, la utilización de abonos orgánicos a largo plazo, tiene un efecto benéfico en la diversidad de HMA y en la densidad de esporas (Wu et al., 2010), así mismo propicia un aumento en la presencia de hifas de HMA presentes en la rizosfera (Gryndler et al., 2006), esto estudios demuestran una relación adversas con la fertilización química y positiva con la orgánica, en relación a con los hongos micorrizicos arbusculares.

2.2. Revisión de fuentes teóricas.

2.2.1. Micorrizas arbusculares.

En la Universidad de Antioquia, Usuga, Catañeda, et al., (2008a), realizaron un estudio sobre multiplicación de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) y su efecto en

plantas micropropagadoras de banano (*Musa* AAA cv. Gran Enano) (Musáceae) en plantaciones del Urabá antioqueño (Colombia). Se evaluó el nivel de colonización y el número de esporas en plantas (3 propagadoras y en banano), en tres sustratos diferentes y utilizando tres tipos de inóculos micorrizicos (comercial, sembrado de la plantación y del ecosistema natural), como resultados, los inóculos que favorecieron la asociación en plantas eran los que provenían de las plantaciones, en donde la colonización promedio general en plantas trampa fue de 37,8%, y en plántulas de banano fue de 48,7%, además de brindar un mayor peso foliar y radical.

Usuga, Castañeda, et al., (2008b), evaluaron el efecto independiente y combinado de los siguientes factores: el tipo de inóculo de HMA en relación con la fertilización química y la aplicación de materia orgánica, el porcentaje de asociación de HMA en plantas de banano (*Musa* AAA cv. Gran Enano) (Musáceae) y la acumulación de materia seca foliar y radical. Como resultado la colonización general de la prueba fue 32,7%, en donde la adición de materia orgánica favoreció la asociación en un 37,6% en comparación con el promedio, el uso de micorrizas nativas del agroecosistema muestra un comportamiento positivo en la colonización en comparación a los otros inóculos, concluyendo, que estos dos factores aumentan la concentración de materia foliar y radical.

En la Universidad Federal Rural de Rio de Janeiro, Brasil; Barbosa et al., (2002), investigaron el uso de *Glomus clarum* como inóculo, en plántulas de banano Nanicão, en relación con proporciones de 10 y 20% de materia orgánica,. Como resultado, a los 95 días de la inoculación se destacó que el uso del inóculo y la materia orgánica, aumenta

significativamente la masa del pseudotallo, hojas y raíces secas, además, del contenido total de fósforo, pero no evaluaron su efecto en la colonización.

Oliveira et al., (2003) investigaron la relación entre HMA, la concentración de nutrientes y la tasa de colonización presentes en los tipos de cultivos de banano (Maçã, Pacovan y Prata) en oxisoles de la amazonia durante 3 meses. Como resultados se obtuvo que el nivel de colonización media era de 60,7%, 55,2% y 53,6 en Maçã, Pacovan y Prata respectivamente. Por otro lado las concentraciones de P y Fe no variaron en relación a las tres plantaciones, pero las concentraciones de Ca, K, Zn y Cu en Maçã y Prata aumentaron en plantaciones que tiene 5 años de establecimiento productivo.

Gaidashova et al., (2010), realizaron un estudio en 188 campos de plátano en cinco eco-regiones en Ruanda, en el que observaron la colonización de la raíz, densidad de población del suelo y la diversidad de micorrizas arbusculares. Como resultado se encontró la presencia de colonización en todos los campos de estudio, se determinó una mayor densidad de población en zonas húmedas (1300-1500 mm yr¹) y en suelos volcánicos (Gashonga 59.8 y 48.5 Ruhengeri en propágulos 100 g¹ de suelo, respectivamente), en comparación con suelos secos (900–1200 mm yr¹) y derivados de esquisto (Butare Gitarama -2.0, Kibungo 8,5, Bugarama 14,7 en propágulos de 100 g¹ suelo). La diversidad fue más alta en Kibungo y el más bajo en Butare-Gitarama (10 y 2 morfotipos de esporas, respectivamente). Los autores dedujeron con estos resultados, que la colonización de raíz, la densidad de población y diversidad de esporas, varían en función de las condiciones edáficas. La presencia del micosimbionte se correlacionó en diferentes índices con los parámetros edáficos; positivamente con el aumento de lluvias ($r= 0.13$, $P= <0,05$), carbono ($r= 0,39$, $P= <0.001$), nitrógeno ($r= 0,25$, $P= <0.001$),

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

capacidad de intercambio carbónico ($r= 0,30$, $P= <0.001$) y proporción C/N ($r= 0,44$, $P= <0.001$) y negativamente con el contenido de P ($r= -0.34$ $P= <0.001$), la aspereza del suelo ($r= -0.36$, $P= <0.001$) y el aumento en la intensidad de la labranza ($r= -0.30$, $P= <0.001$).

Gaidashova et al., (2012), en el altiplano de África Oriental evaluaron la colonización presente en raíces de 18 genotipos de banano en 6 localidades de Ruanda, Burundi, República Democrática del Congo, Kenya, Uganda y Tanzania, con el fin de buscar especies con potencial micorrízico, además de las relaciones entre las factores ambientales y las asociaciones presentes. Como resultado encontraron que los genotipos del banano son altamente receptivos, pero de baja especificidad en relación con los HMA, además de una alta variabilidad en la colonización en los sitios: Ruanda (50,3%) Burundi (90,7%) RD Congo (72%), Kenia (73%), Uganda (46%) y Tanzania (77%) entre una amplia gama de genotipos de banano.

Mnyazi et al., (2012), realizaron un estudio en Maragua Kenya, evaluando el nivel de colonización de HMA, al igual que abundancia y diversidad de esporas en plantaciones de banano y plátano. Como resultado encontraron que el nivel de colonización promedio fue de 59,6% y se encontraron 22 morfotipos de esporas de HMA, entre las familias Acaulosporaceae, Glomaceae, Archaeosporaceae y Gigasporaceae, destacando la presencia de *Acaulospora scrobiculata* como la más dominante en la rizosfera (presente en el 60% de los cultivares).

2.2.2. Hongos septados oscuros.

Actualmente a nivel nacional e internacional no se registran estudios de hongos septados oscuros (HSO) en banano (*Musa paradisiaca* L.), o su relación con las condiciones edáficas. Pero se han registrado estudios en diferentes tipos de plantas los cuales serán señalados a continuación:

Alberton, Kuyper, & Summerbell, (2009) investigaron en Holanda el efecto de diferentes HSO en el crecimiento y la adsorción de nutrientes en plantas de semillero de *Pinus sylvestris* en bajas concentraciones de N y ambientes con elevadas concentraciones de CO₂, midiendo la longitud extra radical de hifas, la colonización interna, la biomasa vegetal, la distribución de C y la asimilación de N. Los resultados mostraron que la biomasa de las plántulas colonizadas por HSO aumentó un 17% en comparación con las plantas control, por otro lado, el aumento de las concentraciones de CO₂ produjo en el sub-suelo un aumento en la respiración, generando que la eficiencia de carbono disminuyera significativamente. Por otro lado, generó una reducción en las concentraciones de N en un 57%, a pesar de esto, las concentraciones de C y N aumentaron en las plantas con presencia de HSO demostrando que incrementan la eficiencia en el uso de nutrientes, bajo altas concentraciones de CO₂.

Sadowsky, Hanson, & Schilder, (2012), en la Universidad Estatal de Michigan, evaluaron la colonización de micorrizas ericoides y hongos septados oscuros en campos de arándanos orgánicos y convencionales en diferentes tipos de suelos; los resultados mostraron que aunque el nivel de colonización de HSO está entre 0,3% y 11%, esta fue mayor en suelos arenosos y franco-arenosos, adicionalmente la simbiosis se vio afectada

negativamente por las concentraciones de carbono presentes en muestras con contenido de estiércol, y por otro lado el nitrógeno y amonio presentes en el suelo.

Minggui, Ming, Qiaoming, & Xinxin, (2012), en la República Popular China, emplearon el aislamiento del HSO (LBF-2), obtenido de las raíces de *Lycium barbarum* L. para evaluar el nivel de colonización en plantas de la misma especie, cultivadas en invernadero. Como resultado se observó que el nivel de colonización y presencia de microesclerocios en células corticales de la raíz fue del 81,2%, por otro lado, aumento el nivel de clorofila total en un 22,8%, el de clorofila A en un 21,3% y adicional a esto, aumentó el peso y la altura de la planta en un 39,2% y 43,7% respectivamente.

Newsham, en el 2011 realizo un meta-análisis de las respuestas de plantas en presencia de hongos oscuros septados, basándose en los datos obtenidos de 18 artículos de investigación, en el que se inocularon HSO en plantas en sustratos estériles. Como resultado en los estudios no se registraron efectos negativos, y dentro de los efectos positivo encontrados en la recolección de la información se evidencio un incremento de entre el 26 al 103 % del nitrógeno y fósforo en brotes y raíz en relación con las muestras no inoculadas, del mismo modo, se generó un aumento de la biomasa total de 52 al 138%, por lo que concluyo que estos endófitos mejoran el desarrollo de la planta, además de la absorción de nitrógeno asimilable para las plantas.

Fuchs & Haselwandter (2004), en la Universidad de Salzburg y Innsbruck de Austria investigaron el estado de micorrización y presencia de HSO de plantas en peligro de extinción en humedales (praderas y turberas) y se cuantifico el nivel de colonización. Las planta elegidas para el estudio fueron *Serratula tinctoria* (Asteraceae), *Betonica*

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

officinalis (Lamiaceae), *Drosera intermedia* (Droseraceae) y *Lycopodiella inundata* (Lycopodiaceae); el estudio mostro que *S. tinctoria* y *B. officinalis* tuvieron un nivel de colonización de 35-55%, *M. caerulea* 12-14% y *L. inundata* menor al 4%, siendo el nivel más bajo. En relación a la colonización de HSO incluyendo la presencia de microesclerocios, los resultado mostraron que *S. tinctoria* y *B. officinalis*, tenían presencia radical del hongo en un 18- 40%, *L. inundata* presento un 12-30% y *M. caerulea* con un 57-58% siendo la de mayor colonización.

Capítulo III. Métodos.

3.1. Selección de localidades, terrenos y plantas.

Para esta investigación se obtuvieron muestras de tres zonas bananeras: en cabecera municipal Prado Sevilla en el municipio de Zona Bananera, departamento del Magdalena, en los municipios de Chicorodo y Apartado en Antioquia, zona bananera del Urabá y en Cundinamarca en los municipios de La Vega y Albán. Las dos primeras, se caracterizan por ser zonas productoras reconocidas por producción de banano a nivel nacional (Asociación de bananeros de Colombia, 2013), y la última aunque no es una región de alta productividad, en el 2004 se producían 4.995 toneladas de banano (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2006)). Las muestras fueron colectadas entre el 21 de julio y el 10 de Agosto del 2013. El proceso de análisis de laboratorio se desarrolló en la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Calle 90

3.1.1. Zona 1. Municipio de La Vega y Albán Cundinamarca (Z1).

Cundinamarca tiene un área de 24.210 kilómetros cuadrados de extensión, se encuentra ubicado en el centro de Colombia (PNUD), 2012). El municipio de La Vega, está ubicado en la provincia del Gualivá, con una extensión de 153,52 kilómetros cuadrados, tiene una altitud de 1.230 m.s.n.m., presenta policultivos (café, yuca, plátano, cítricos entre otros), suelos de tipo inceptisoles de textura limo-arenosa, con una humedad relativa del 85% y una temperatura entre 18 y 22°C. las recolecciones de suelo se realizaron en época seca con un precipitación promedio mensual de 131,56 mm (Ministerio de tecnología de la información y las comunicaciones, 2013) las fincas seleccionadas fueron Campo Alegre y El Recuerdo (Figura 1).



Tomado de: google maps (2015)

Figura 1: Mapa municipio Alban y La Vega, Cundinamarca.

Por otro lado el municipio de Albán tiene una extensión de 57 km², se encuentra en altitudes que oscilan entre los 1500 m.s.n.m. en su parte baja y los 3100 m.s.n.m. en sus cerros más altos, con una temperatura promedio de 16°C, presenta policultivos, suelos de tipo inceptisoles de textura limo-arenosa y humedad relativa del 85%. Las fincas muestreadas fueron San Enrique y El Bohío, (Figura 1).

3.1.2. Zona 2. Municipio de Apartado y Chicorodo, Antioquia (zona bananera del Uraba) (Z2).

Antioquia tiene una superficie de 63.612 km² su territorio es en su mayoría es montañoso por lo que las alturas se encuentran entre los 300 y los 4.100 metros sobre el nivel del mar. Las muestras se extrajeron de la región de Urabá, en donde las lluvias tiene un régimen bimodal: temporada de lluvias de abril a noviembre y periodo seco de diciembre a marzo (Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE), 2010); en la Zona bananera del Urabá predomina la producción de banano tipo monocultivos la

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

cual tiene un aproximado de 6.145 kilómetros cuadrados que representan el 53% del Urabá Antioqueño, presenta suelos de tipo inceptisoles de textura arcillosa, humedad relativa de 88% con una temperatura media de 28°C (Pérez, 2007), en el momento de las recolecciones se encontraban en temporada seca con una precipitación mensual aproximada 193,02 mm, las fincas seleccionadas fueron Makaira y Las Victorias del municipio de Apartado y Las Vegas y Dallas de Chicorodo (Figura 2).



Tomado de: google maps (2015).

Figura 2: Mapa zona bananera de Urabá, Antioquia.

3.1.3. Zona 3. Municipio Zona Bananera cabecera municipal Prado - Sevilla, Magdalena (Z3).

En departamento del Magdalena los principales cultivos son el café, la palma africana y el banano (Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD), 2012). Las muestras fueron extraídas de municipio Zona Bananera cabecera municipal

Prado Sevilla, la cual tiene un extensión total de 2.393,35 kilómetros cuadrados. los cultivos de banano se presentan en monocultivos extensos con suelos entisoles de textura arcillo-arenosa con un rango de temperatura entre 23 y 32 °C y una humedad relativa de 77% (Alcaldía Distrital de Santa Marta, 2015). En el momento de las recolecciones se encontraban en temporada seca con una precipitación mensual aproximada de 84,9 mm, las fincas muestreadas fueron La Lorena, La Marcela, Puerto Carreño, La Eloísa de la Zona Bananera cabecera municipal Prado - Sevilla (Figura 3).



Tomado de: google maps (2015).

Figura 3: Mapa municipio de Zona Bananera, Magdalena.

Los predios seleccionados estaban separados por una distancia mínima de 20 kilómetro. En cada finca se seleccionaron seis plantas al azar, separadas por al menos cien metros una de la otra, las cuales presentaban estado de llenado de frutos, libre de enfermedades, daños mecánicos o factores que demostraron que las plantas no presentaba un adecuado desarrollo, por otro lado se solicitó a los propietarios o

encargados de las plantaciones información referente al tipo de manejo y fertilización, con el fin de que no se afectara la carga microbiológica de los cultivos.

3.2. Muestreos.

Alrededor de cada planta seleccionada se tomaron, cuatro sitios de muestreo en cruz a una distancia entre 10-40 centímetros del fuste de la planta, se exploró cuidadosamente en búsqueda de raíces terciarias y cuaternarias de las plantas de banano. Al encontrar presencia de raíces se realizó la extracción de la rizosfera y raíces, obteniendo alrededor de 250 g para cada una de las sub-muestra, las cuales, se homogenizaron obteniendo una muestra compuesta de un kilo aproximadamente por planta (Figuras 4a-b). Las muestras fueron dispuestas en bolsas plásticas transparentes, rotuladas y guardadas en refrigeración hasta su procesamiento en laboratorio.



(Moreno, 2013)



(Moreno, 2013)

Figura 4: Muestreo del cultivo. a) búsqueda de raíces. b) recolección de suelo y raíces.

3.3. Análisis de laboratorio.

3.3.1. Análisis de las propiedades físico-químicas de las muestras de suelo.

Los análisis de las muestras se realizaron en el laboratorio de la Sede Calle 90, de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, en la ciudad de Bogotá D.C., en donde se procedió a realizar los siguientes procedimientos.

Para la determinación del contenido de humedad se tomaron submuestras de diez gramos de suelo por medio de una balanza analítica y se depositaron en bolsas de papel kraft previamente pesadas y rotuladas, las cuales fueron llevadas a horno mufla a una temperatura de 85°C por 72 horas, después de este tiempo se estableció la diferencia de pesos y se determinó el porcentaje de pérdida entre el peso inicial y final, concluyendo con el contenido de humedad que presentaban las muestras.

Los estudios físico-químicos de las muestras de suelo, fueron realizadas por Instituto Geográfico Agustín Codazzi (I.G.A.C.), a cada una de las muestras se les realizó un análisis de suelos, donde se consideraron las pruebas Q-01, Q-11, P-04 cuyos procedimientos fueron los siguientes:

La determinación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y base intercambiables de calcio (Ca), Magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na) se determinaron mediante saturación con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) 1N pH 7, y la cuantificación por volumetría y emisión y absorción atómica (Rhoades, 1982).

Para el pH se utilizó el método potenciométrico, en agua destilada 1:1 (Bates, 1954; Willard, Merritt, & Dean, 1974).

El Fósforo total (FT) se estableció por fusión en una mezcla de nitrato de potasio (KNO_3) / nitrato de sodio (NaNO_3) y cuantificación colorimétrica por Bray II (Bray & Kurtz, 1945).

El fósforo disponible (FD) por medio de ácido cítrico al 1% y colorimetría con molibdato de amonio, Bray II (Bray & Kurtz, 1945).

El carbono orgánico (CO), se determinó por oxidación húmeda del suelo con dicromato de potasio en estado ácido ($K_2Cr_2O_7$) y combustión en un analizador elemental (Walkley & Black, 1934).

La textura fue analizada por fraccionamiento del suelo, en porciones de arena limo y arcilla (Bouyoucos, 1951).

3.3.2. Determinación de la colonización por HMA y HSO en las muestras de raíz de banano.

Para la determinación de colonización por hongos formadores de micorriza arbuscular y hongos septados oscuros, todas las raíces fueron cuidadosamente lavadas con agua de grifo para eliminar el suelo adherido y se seleccionaron las raíces terciarias y cuaternarias (Sánchez de Prager, Posada Almanza, Velásquez Pomar, & Narvaez Castillo, 2010). A fin de determinar la colonización se realizó aclaramiento, adicionando hidróxido de potasio (KOH) al 10% cubriendo completamente las raíces (Sanchez de Prager et al, 2010 Citando a Bevege, 1968; Brundrett et al., 1984; Brundrett et al., 1994; González, 1993; Kormanik & Mc Graw, 1982; Phillips & Hayman, 1970; Sánchez de Prager, 2003; Vierheilig et al., 1998) y calentando a punto de ebullición durante 45 minutos (Figura 5a).

Posteriormente se procedió a realizar el enjuague de las raíces con agua. La tinción se llevó a cabo siguiendo el procedimiento de Vierheilig, Coughlan, Wyss, & Piché

en 1998, sumergiendo la raíces en tinta Sheaffer de color negro al 5% en vinagre al 4% en tubos de ensayo y calentadas a baño maría durante 5 minutos a 90°C (Figura 5b).

El exceso de tinta se retiró lavando con agua de grifo y las raíces se sumergieron en vinagre al 4%, por 20 minutos, finalizando con un lavado en agua retirando el exceso de ácido acético (Sanchez de Prager et al., 2010). El método sirvió para la determinación de los dos tipos de micosimbiontes (HMA y HSO), ya que la aclaración y posterior tinción de las raíces favorece su observación (Alberton et al., 2009; Peterson et al., 2004; Sánchez de Prager et al., 2010; Vierheilig et al., 1998; Vohník & Albrechtová, 2011). Cinco raíces teñidas fueron colocadas perpendicularmente en láminas porta objetos (Figura 5c), para su conservación se les aplico una gota de PVGL (alcohol polivinilico-glicerol-ácido láctico), cubiertas con láminas cubre objetos y selladas con esmalte (Figura 5d), este procedimiento se realizó por cada muestra de rizosfera obteniendo por cada una de ellas cuatro laminas de observación, para un total de veinticuatro por finca y noventa y seis por zona.

3.3.3. Cuantificación colonización por HMA Y HSO en raíces de banano.

La cuantificación de la colonización de raíces se realizó por el método de intercepción de campos por placa (Figuras 5e-f), en el cual por medio de un microscopio se recorrió la lámina con el lente en sentido horizontal y perpendicular, comenzando por un extremo de la primera raíz y se indica si hay presencia de colonización, pasando al siguiente campo de observación, registrando la presencia de los micosimbiontes y recorriendo toda la placa, en donde se observe presencia de la muestra de raíz, sumando al final el total de campos observados, se procede a determinar el porcentaje de

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

colonización, de cada hongo por separado, dividiendo los campos que presenten colonización sobre el total de campos observados (Andrade-Linares, Grosch, Restrepo, Krumbein, & Franken, 2011; McGonigle, Miller, Evans, Fairchild, & Swan, 1990; Sanchez de Prager et al., 2010; Vohník & Albrechtová, 2011) y utilizado por (Posada, Madriñan, & Rivera, 2012).

La característica de diagnóstico para la colonización por micorrizas fue la presencia de hifas cenocíticas, teñidas de azul, con el borde interno irregular y la presencia de vesículas y/o arbusculos (Nicholson, 1959). Por otro lado, para determinar la presencia de hongos septados oscuros, se reconoció la presencia de hifas con septos de un color opaco y microesclerocios dentro de las raíces (Alberton et al., 2009; Peterson et al., 2004; Vohník & Albrechtová, 2011).



a. (Guerrero, 2013)



b. (Guerrero, 2013)



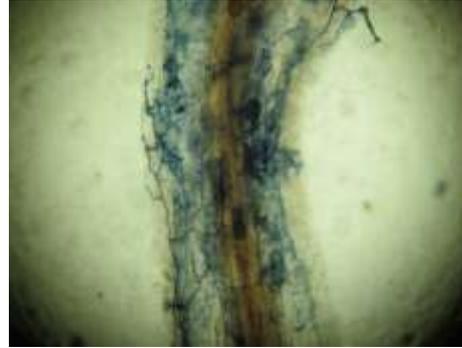
c. (Guerrero, 2013)



d. (Guerrero, 2013)



e. (Guerrero, 2013)



f. (Guerrero, 2013)

Figura 5: Procedimientos. a) Aclaramiento de raíces. b) Tinción de raíces. c) Selección de raíces teñidas. d) Raíces en láminas portaobjetos listas para su cuantificación. e) Montaje en microscopio observacion de laminas para determinar cuantificacion. f) Campo observado de raiz.

3.4. Análisis de datos.

Para determinar la presencia de tendencias en la distribución en las plantaciones de acuerdo con los parámetros edáficos, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con los datos del análisis físico químico estandarizados (Anexo 2), y un análisis de patrones de agrupación utilizando el programa MVSP 3.1 (Multi-Variate Statistical Package, Version 3.11h/1985-1999) (Kovach Computing Services, 2000).

Todas las variables edáficas físico-químicas (capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH, calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na) , fósforo total (FT), fosforo disponible (FD), carbono orgánico (OC) y la textura), y microbiológicas (HMA y HSO) se evaluaron por normalidad por medio de la prueba de Shapiro-Wilks, aquellas que presentaron normalidad se evaluaron por diferencias entre zonas y fincas mediante análisis de varianza de una vía (ANDEVAs), aquellas que no presentaron normalidad se

evaluaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, los análisis se realizaron con el programa InfoStat 2014 (Di Rienzo et al., 2014)

Aquellas variables que presentaron medias significativamente diferentes fueron separadas mediante las pruebas de Dunns o Tukey,, con la herramienta InfoStat 2014 (Di Rienzo et al., 2014).

Por otro lado, para determinar las relaciones entre las variables físico-químicas y microbiológicas, se realizó el análisis de correlación de rangos de Spearman, en el que se seleccionaron relaciones significativas con $P < 0,05$ y $r > 0.5$. Este análisis se realizó con el programa Sigmaplot 11.0 (Systat Software Inc. San Jose, California. EE.UU, 2004, URL <https://www.sismaplot.com>).

Capítulo IV. Resultados

4.1. Parámetros edáficos: concentraciones y promedios por zonas y fincas.

Tabla 1: Promedio de 6 observaciones \pm error estándar para las variables físico-químicas edáficas y micosimbiontes de estudio en 12 fincas bananeras en 3 zonas geográficas de Colombia.

Variable	Zona 1			
	CAM	ERE	EBO	SEN
Arena (%)	50,7 \pm 5,8 d	47,8 \pm 4,1 cd	23,1 \pm 4,1 ab	22,9 \pm 4,1 ab
Limo (%)	29,7 \pm 3,8 a	35,1 \pm 2,7 ab	35,1 \pm 2,7 ab	30,9 \pm 2,7 ab
Arcilla (%)	19,6 \pm 3,4 abcd	17,1 \pm 2,4 ab	41,8 \pm 2,4 de	46,1 \pm 2,4 e
pH	4,3 \pm 0,3 a	4,5 \pm 0,3 a	5,1 \pm 0,3 abc	5,1 \pm 0,3 abc
CO (%)	7,7 \pm 0,6 d	6,6 \pm 0,6 d	4,9 \pm 0,6 cd	5,2 \pm 0,6 cd
CIC	35,4 \pm 2,7 bc	44,0 \pm 2,7 c	40,5 \pm 2,7 c	37 \pm 2,7 c
Ca	1,4 \pm 0,9 a	2,1 \pm 0,9 a	4,8 \pm 0,9 bc	3,9 \pm 0,9 ab
Mg	0,5 \pm 0,2 a	0,9 \pm 0,2 a	1,1 \pm 0,2 ab	1,0 \pm 0,2 a
K	0,7 \pm 0,2 ab	1,3 \pm 0,2 bcd	1,1 \pm 0,2 abc	0,8 \pm 0,2 ab
Na	0,2 \pm 0,1 a	0,4 \pm 0,1 bcde	0,3 \pm 0,1 abc	0,2 \pm 0,1 ab
P. Disp	55,1 \pm 60,1 a	220,4 \pm 60,1 a	145 \pm 60,1 a	88,5 \pm 60,1 a
P. Total	863 \pm 175,4 abcd	1107 \pm 175,4 bcde	1673 \pm 175,4 de	1612 \pm 175,4 e
Humedad (%)	30,8 \pm 1,2 f	20,0 \pm 2,2 ab	27,9 \pm 2,6 cdef	28,3 \pm 1,8 def
Col HMA (%)	32,9 \pm 2,9 d	18,4 \pm 2,9 abcd	21,9 \pm 2,9 bcd	25,0 \pm 3 cd
Col HSO (%)	21,2 \pm 1,9 d	9,3 \pm 1,9 bc	11,4 \pm 1,9 cd	8,8 \pm 1,9 abc

Tabla 1 continuación.

Variable	Zona 2			
	DAL	LVE	LVI	MAK
Arena (%)	34,4 \pm 4,1 abcd	17,8 \pm 4,1 a	24,4 \pm 4,1 ab	38,3 \pm 4,5 abcd
Limo (%)	48,9 \pm 2,7 d	41,8 \pm 2,7 bcd	38,7 \pm 2,7 abc	42,7 \pm 2,9 bcd
Arcilla (%)	16,7 \pm 2,4 ab	40,3 \pm 2,4 de	36,8 \pm 2,4 cde	19,0 \pm 2,6 abc
pH	4,9 \pm 0,3 ab	4,7 \pm 0,3 a	5,6 \pm 0,3 abc	5,0 \pm 0,3 ab
CO (%)	1,0 \pm 0,6 ab	1,1 \pm 0,6 ab	1,3 \pm 0,6 ab	0,8 \pm 0,6 a
CIC	21,4 \pm 2,7 ab	28,1 \pm 2,7 bc	28,7 \pm 2,7 bc	17,9 \pm 2,7 a
Ca	4,4 \pm 0,9 bc	4,4 \pm 0,9 bc	7,8 \pm 0,9 c	3,7 \pm 0,9 ab
Mg	1,2 \pm 0,2 abc	1,6 \pm 0,2 bcd	1,8 \pm 0,2 cd	1,2 \pm 0,2 abc
K	2,2 \pm 0,2 d	1,9 \pm 0,2 d	1,9 \pm 0,2 cd	1,8 \pm 0,2 cd
Na	0,3 \pm 0,1 abc	0,3 \pm 0,1 abcd	0,4 \pm 0,1 cdef	0,3 \pm 0,1 abc
P. Disp	85,9 \pm 60,1 a	53,6 \pm 60,1 a	113 \pm 60,1 a	104,4 \pm 60,1 a
P. Total	690 \pm 175,4 abc	603 \pm 175,4 ab	688 \pm 175,4 abc	582 \pm 175,4 a
Humedad (%)	24,2 \pm 1,1 bcde	28,7 \pm 1,3 ef	28,4 \pm 2,1 def	22,6 \pm 1,2 abcd
Col HMA (%)	16,4 \pm 3 ab	13,8 \pm 2,9 a	13,2 \pm 2,9 a	16,8 \pm 3 abc
Col HSO (%)	7,1 \pm 1,9 abc	4,7 \pm 1,9 a	6,2 \pm 1,9 ab	6,7 \pm 1,9 ab

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

Tabla 1 continuación.

Variable	Zona 3								ANOVA	
	LEL		LLO		LMA		PCA		F - H.	P.
Arena (%)	48,3 ± 4,1	d	27,1 ± 4,1	abc	47,5 ± 4,1	cd	39,6 ± 4,1	bcd	8	<0,0001
Limo (%)	41,9 ± 2,7	bcd	50,6 ± 2,6	e	38,9 ± 2,7	abc	50,3 ± 2,7	cd	37,238	<0,0001
Arcilla (%)	9,8 ± 2,4	a	22,3 ± 2,4	bcd	13,5 ± 2,4	ab	10,1 ± 2,4	a	55,592	<0,0001
pH	4,9 ± 0,3	ab	6,1 ± 0,3	bc	6,3 ± 0,3	cd	7,6 ± 0,3	d	12,197	<0,0001
CO (%)	1,9 ± 0,6	bc	1,9 ± 0,6	bc	1,6 ± 0,6	b	1,5 ± 0,6	b	59,139	<0,0001
CIC	15,7 ± 2,7	a	17,6 ± 2,7	a	15,8 ± 2,7	a	13,9 ± 2,7	a	58,536	<0,0001
Ca	3,3 ± 0,9	ab	5,3 ± 0,9	bc	4,4 ± 0,9	bc	6,9 ± 0,9	c	36,495	<0,0001
Mg	1,1 ± 0,2	ab	1,6 ± 0,2	bcd	2,0 ± 0,2	d	2,1 ± 0,2	d	40,01	<0,0001
K	0,9 ± 0,2	ab	0,8 ± 0,2	ab	0,6 ± 0,2	a	0,6 ± 0,2	a	42,804	<0,0001
Na	0,3 ± 0,1	abcd	0,7 ± 0,1	ef	0,6 ± 0,1	def	1,0 ± 0,1	f	39,488	<0,0001
P. Disp	160,1 ± 60,1	a	195,7 ± 60,1	a	155,5 ± 60,1	a	243,1 ± 60,1	a	12,053	0,3596
P. Total	969 ± 175,4	cde	917 ± 175,4	abcde	848 ± 175,4	abcd	1175 ± 175,4	de	31,77	0,0008
Humedad (%)	20,9 ± 1,9	abc	22,8 ± 1,1	abcd	15,1 ± 1,0	a	21,3 ± 1,0	ab	43,31	<0,0001
Col HMA (%)	16,9 ± 2,9	abc	14,7 ± 2,9	ab	13,8 ± 3	a	24,9 ± 2,9	cd	27,851	0,0034
Col HSO (%)	9,2 ± 1,9	bc	9,0 ± 1,9	abc	9,9 ± 1,9	bc	14 ± 1,9	cd	33,215	0,0005

Promedio de fila con la misma letra no presenta diferencias estadísticamente significativas entre fincas:

Fincas: ERE: El Recuerdo; CAM: Campo Alegre; EBO: El Bohío; SEN: San Enrique; MAK: Makaira; LVI: Las Victorias; LVE: Las Vegas; DAL: Dallas; LLO: La Lorena; LMA: La Marcela; PCA: Puertocarreño; LEL: La Eloísa.

Parámetros edáficos: CO (%): carbono orgánico; CIC: capacidad de intercambio catiónico; Ca: calcio; Mg: magnesio; K: potasio; Na: Sodio; P. Disp: fósforo disponible; P. Total: fósforo total; Col HMA (%): colonización por hongos micorrizicos arbusculares; Col HSO (%): colonización por hongos septados oscuros.

El fósforo disponible no fue diferente entre las zonas, mientras que fósforo total presenta una gran variabilidad entre las fincas, siendo más alta en los predios de EBO y SEN de Z1 y PCA en la Z3. El contenido de humedad fue muy variable, con valores altos en Z1 y Z2 dependiendo de las fincas, en donde los predios CAM, EBO, SEN, LVE y LVI se distinguen por tener los contenidos de humedad más altos. Las plantaciones de Z1 presentaron los valores más altos de %CO, al igual los valores de pH más ácidos. En

términos de la granulometría, los porcentajes más bajos de limo se encontraron en la Z1, arcilla en Z3, exceptuando LLO, mientras que la arena presenta una variación completamente aleatoria en las zonas y fincas. Las demás características edáficas no presentaron diferencias significativas. (Tabla 1).

4.2. Relación entre los componentes edáficos físico-químicos.

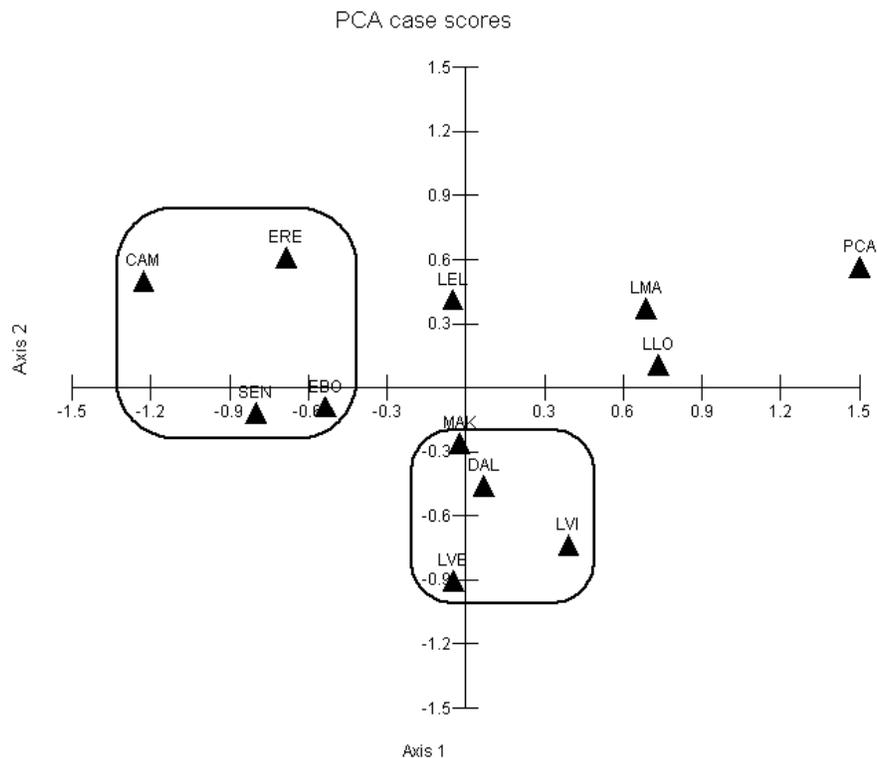


Figura 6: Distribución de fincas a partir de la influencia de agrupación de los parámetros físico-químicos (análisis de componentes principales).

Fincas: **ERE:** El Recuerdo; **CAM:** Campo Alegre; **EBO:** El Bohío; **SEN:** San Enrique; **MAK:** Makaira; **LVI:** Las Victorias; **LVE:** Las Vegas; **DAL:** Dallas; **LLO:** La Lorena; **LMA:** La Marcela; **PCA:** Puertocarreño; **LEL:** La Eloísa.

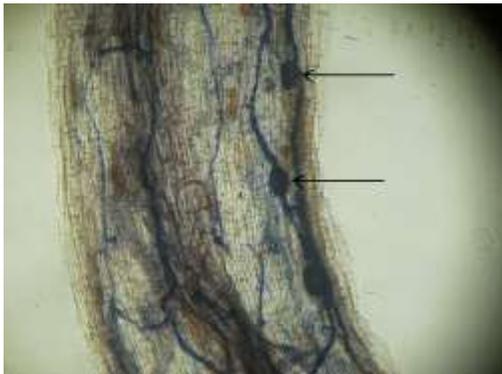
Al realizar un análisis de patrones de agrupación (Figura 6) se observa que el primer eje explica el 47.9% de la variabilidad, representado principalmente por Limo, CIC, pH, CO, Ca, Mg y Na, el segundo eje explica el 22.1% de la variabilidad y está representado principalmente por P total, Arena, Arcilla y CIC. Se observaron claramente dos grupos, que corresponden a diferentes zonas; el primer grupo a la izquierda, corresponde a las plantaciones de la Z1, el segundo grupo hacia la parte inferior corresponde a las plantaciones de la Z2 y las plantaciones restantes pertenecientes a Z3 no formaron un grupo definido. Esto llevó a considerar la conveniencia de trabajar cada zona por separado sin dejar de considerar las zonas de forma conjunta (Figura 6).

4.3. Colonización por hongos micorrizicos arbusculares y hongos septados oscuros.

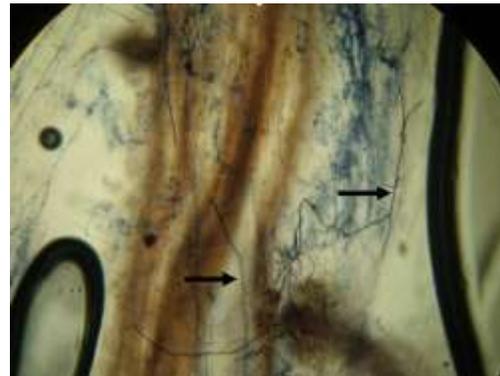
En un 100% de las muestras examinadas, existió presencia de ambos micosimbiontes estudiados, hongos micorrizicos arbusculares (Figura 7a) y hongos septados oscuros (Figura 7b) en frecuencias de aparición para HMA del 6,8% al 100% y para HSO del 0% al 81% del total de los campos observados (Anexo 1), del mismo modo se encontró, la presencia simultánea de los dos microorganismos (Figuras 7c-d). Al evaluar por zona, las colonizaciones por HMA y HSO mostraron los niveles más altos en Cundinamarca, en comparación con el Urabá, Antioqueño siendo esta área la que posee los niveles más bajos; mientras las muestras del Magdalena presentaron niveles intermedios (Tabla 2).

Tabla 2: Porcentajes de colonización presentados por los hongos de estudio en las muestras por el método de intercepción de campos por placa.

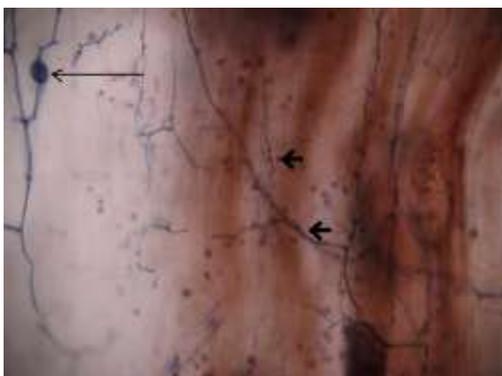
Zonas	Fincas	Porcentaje de colonización (%)			
		HMA		HSO	
La Vega y Albán (Z1)	Campo Alegre	82,1	69,7	55,1	36,4
	El Recuerdo	62,3		31,4	
	Los Bohios	64,8		34,3	
	San Enrique	69,4		24,6	
Uraba (Z2)	Mazaira	43,6	34,5	17,1	14,1
	Las Victorias	26,1		11,9	
	Las Vegas	32,5		11,5	
	Dallas	35,7		15,9	
Magdalena (Z3)	La Lorena	44,7	50,9	27,1	30,2
	La Marcela	40,9		29,4	
	Puerto Carreño	67,4		36,9	
	La Eloisa	50,5		27,4	



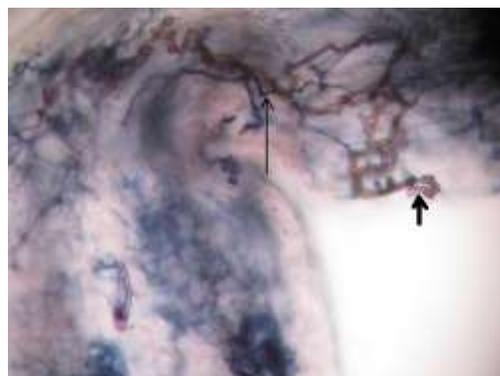
a) (Guerrero, 2013)



b) (Guerrero, 2013)



c) (Guerrero, 2013)



d) (Guerrero, 2013)

Figura 7: a) Colonización por hongos micorrizicos arbusculares. b) Colonización por hongos septados oscuros. c-d) presencia de colonización por los micosimbiontes en el mismo cuadrante de observación; \longrightarrow : colonización por hongos micorrizicos arbusculares; \blacktriangleright : colonización por hongos oscuros septados.

4.3.1. Nivel de colonización en muestras del municipio de La Vega y Albán, Cundinamarca (Zona 1).

En la zona de Cundinamarca, la finca que presento mayor colonización por HMA en las raíces, fue Campo Alegre con un porcentaje promedio de 82,1%, seguida de San Felipe (69%), Los Bohíos (64,8%) y El Recuerdo (62,3%); en relación a la presencia de HSO en las muestras, la finca Campo Alegre fue el que presentó los más altos contenidos de éstos con un 55,1%, seguida en orden descendente por Los Bohíos (34,3%), El Recuerdo (31,4%) y San Felipe (24,6%) (Figura 8).

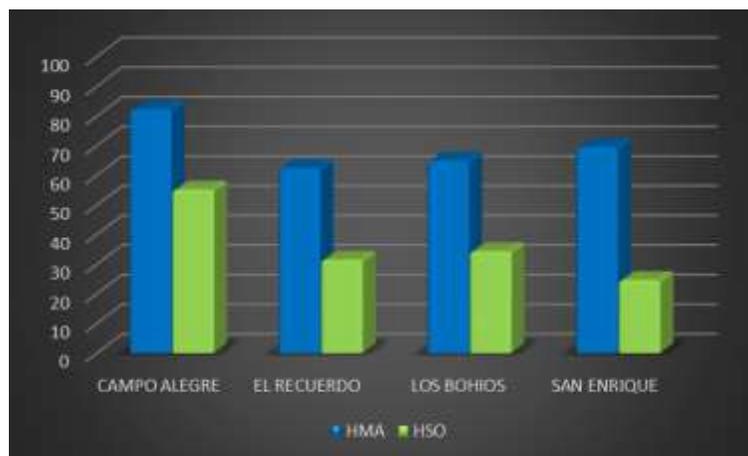


Figura 8: Porcentajes de colonización en muestras de raíces de banano por micosimbiontes en el municipios de Sasaina y Albán, Cundinamarca (Zona 1).

4.3.2. Nivel de colonización en muestras del municipio de Apartado y Chicorodo, Uraba Antioquia (Zona 2).

En la zona del Urabá, la finca que presento la mayor colonización por HMA en las muestras fue Makaira con 43,6%, seguida de Dallas (35,7%), Las Vegas (32,5%) y Las Victorias (26,1%); del mismo modo, las muestras con presencia de HSO organizadas de forma descendente fueron Makaira (17,1%), Dallas (15,9%), Las Victorias (11,9%) y Las Vegas (11,5%) (Figura 9).

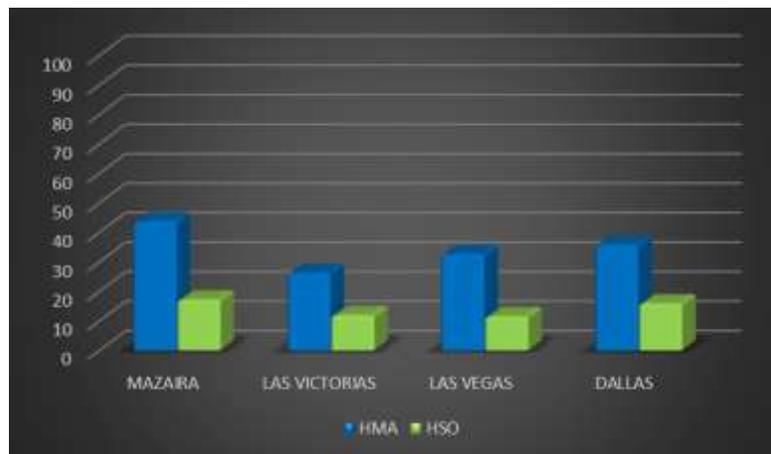


Figura 9: Porcentajes de colonización en muestras de raíces de banano por los micosimbiontes en la zona bananera - municipio de Apartado y Chicorodo, Urabá Antioquia del Urabá, Antioquia (Zona 2).

4.3.3. Nivel de colonización en muestras del municipio de Zona Bananera cabecera municipal Prado Sevilla, Magdalena (Zona 3).

En la zona del Magdalena la finca con la mayor colonización por HMA en las raíces fue Puerto Carreño con un 67,4%, seguida por La Eloísa (50,5%), La Lorena (44,7%) y La Marcela (40,9%). En relación con la presencia de HSO en la muestras, las fincas

organizados de forma descendente fueron Puerto Carreño con los mayores niveles (36,9%), La Marcela (29,4%), La Eloisa (27,4%) y La Lorena (27,1%) (Figura 10).



Figura 10: Porcentajes de colonización en muestras de raíces de banano por los micosimbiontes en la cabecera municipal Prado Sevilla en el municipio de Zona Bananera, Magdalena (Zona 3).

4.3.4. Nivel de colonización en todas las zonas de estudio.

Al observar los niveles de colonización presentes en las muestras de estudio se evidencia que en Cundinamarca (Zona 1), se presentaron la mayor colonización por micorrizas (69,6%) y hongos septados oscuros (36,4%). de modo contrario en el Urabá, Antioquia (Zona 2), se presentaron los niveles más bajos de colonización por HMA y HSO con un 34,5% y 14,1% respectivamente, y por último en la zona 3, Magdalena se presentaron niveles intermedios de colonización, por hongos micorrizicos arbusculares fue de 50,9% y por hongos septados oscuros de 30,2% (Figura 11).

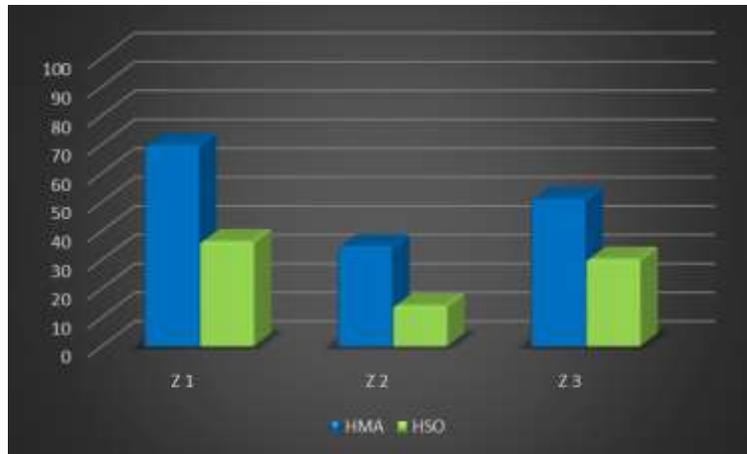


Figura 11: Porcentajes de colonización por los micosimbiontes presentes en las tres zonas de estudio. Z1: La Vega y Albán, Cundinamarca; Z2: Apartado y Chicorodo, Antioquia; Z3: Prado Sevilla – Zona Bananera, Magdalena.

4.4. Estudio de correlaciones entre los factores edáficos físico-químicos y la colonización por HMA y HSO.

La mayoría de las correlaciones entre la colonización por HMA, HSO y los factores edáficos son generalmente significativas y se repiten en algunas fincas o zonas. La Tabla 3 muestra las correlaciones de que presentan si se examinan todos los resultados, en función con los HMA, evidenciándose una relación positiva con el carbono orgánico y el fósforo total y un vínculo negativo entre la cantidad de limos, Calcio, Magnesio y Potasio. Por otro lado la colonización de HSO, se correlaciona positivamente con la arena y el carbono orgánico, pero se observa una correlación negativa entre la arcilla y potasio. La relación entre los dos micosimbiontes estudiados es positiva.

En relación a cada zona, la Z1 solo se determinó una correlación positiva entre los hongos estudiados. La zona 2 presento correlaciones negativas entre HMA y el contenido

de Magnesio y Potasio y los HSO presentaron una correlación negativa con la humedad. Por último la zona 3 presento una relación positiva entre los microorganismos estudiados (Tabla 3).

En relación al estudio de cada finca por zona, en la Z1 la colonización de HMA presento en San Enrique una relación positiva con la arena y negativa con la arcilla; en el predio Los Bohíos se correlaciono positivamente los HMA y el magnesio. Por otro lado San Enrique presento una relación positiva entre el fosforo total y del mismo modo en El Recuerdo los hongos estudiados presentaron una correlación positiva (Tabla 3).

Las fincas de la zona 2 presentaron las siguientes correlaciones; Makaira presento un vínculo negativo entre los HMA y el calcio, del mismo modo los HSO y la capacidad de intercambio catiónico exponen una correlación negativa; Las Vegas mostraron en relación con los HMA una correlación positiva con el sodio y dos negativas entre limos y fosforo disponible; en el predio Dallas solo se presentó una correlación significativa negativa entre el porcentaje de limo y HMA.

En la zona 3, las fincas no presentaron correlaciones significativas entre los factores edáficos y los HMA, solo el predio La Marcela presento una relación positiva entre ambos micosimbiontes. Por otro lado los HSO presentaron correlaciones negativos en La Lorena con el calcio; Puerto Carreño mostro una correlación negativa entre la fósforo disponible y por ultimo La Eloísa presento varias correlaciones negativas entre carbono orgánico, Capacidad de intercambio catiónico, Calcio y Magnesio (Tabla 3).

En resumen las correlaciones de la colonización por HMA que son generalmente significativas y se repiten para algunas fincas o zonas son: Limo para LVE (Z2) y DAL

(Z2), Ca para MAK (Z2); K para Z2, Mg para Z2 y para la plantación EBO (Z1); P total para SEN (Z1). Las mismas correlaciones pero para HSO son: CO para LEL (Z3) y con HMA para Z1, Z3, ERE (Z1) y LMA (Z3). Las otras correlaciones eran específicas para cada finca y no se repiten a nivel general. La colonización por HMA en la Z3 no presenta ninguna correlación significativa (Tabla 3).

Tabla 3: Correlaciones de Spearman (Valor de P < 0,05) entre HMA, HSO y parámetros edáficos físico-químicos para datos totales por zona y por finca.

Factores abióticos y bióticos	Total		Zonas	
	ColHMA (%)*	ColHSO (%)*	ColHMA (%)*	ColHSO (%)*
Arena (%)	-	0.29 (0.015)	-	-
Limo (%)	-0.26 (0.029)	-	-	-
Arcilla (%)	-	-0.23 (0.057)	-	-
pH	-	-	-	-
OC (%)	0.33 (0.004)	0.40 (0.875)	-	-
CEC	-	-	-	-
Ca	-0.23 (0.053)	-	-	-
Mg	-0.31 (0.007)	-	Z2 = -0.40 (0.052)	-
K	-0.29 (0.012)	-0.39 (0.001)	Z2 = -0.44 (0.030)	-
Na	-	-	-	-
P Disponible	-	-	-	-
P Total	0.25 (0.031)	-	-	-
Humedad (%)	-	-	-	Z2 = -0.40 (0.055)
Col HMA (%)*	-	0.61 (0.001)	-	Z1 = 0.58 (0.003)
				Z3 = 0.73 (0.001)

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizcos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

Tabla 3: continuación.

Factores abióticos y bióticos	Zona 1		Zona 2		Zona 3	
	ColHMA (%)*	ColHSO (%)*	ColHMA (%)*	ColHSO (%)*	ColHMA (%)*	ColHSO (%)*
Arena (%)	SEN = 0.81 (0.050)	-	-	-	-	-
Limo (%)	-	-	LVE = -0.81 (0.050)	-	-	-
			DAL = -0.89 (0.048)			
Arcilla (%)	SEN = -0.94 (0.035)	-	-	-	-	-
pH	-	-	-	-	-	-
OC (%)	-	-	-	-	-	LEL = -0.93 (0.008)
CEC	-	-	-	MAK = -0.83 (0.064)	-	LEL = -0.84 (0.036)
Ca	-	-	MAK = -0.81 (0.050)	-	-	LLO = -0.83 (0.064)
						LEL = -0.84 (0.036)
Mg	EBO = 0.84 (0.036)	-	-	-	-	LEL = -0.90 (0.015)
K	-	-	-	-	-	-
Na	-	-	LVE = 0.81 (0.050)	-	-	PCA = -0.89 (0.048)
P Disponible	-	-	LVE = -0.93 (0.008)	-	-	-
P Total	-	SEN = 0.89 (0.048)	-	-	-	-
Humedad (%)	-	-	-	-	-	-
Col HMA (%)*	-	ERE = 0.93 (0.008)	-	-	-	LMA = 0.94 (0.035)

Z1: Zona 1, **Z2:** Zona 2, **Z3:** Zona 3. **Col HMA (%)*:** Porcentaje de Colonización por HMA, **Col HSO (%):** Colonización por HSO, **(-):** casillas con solo este signo representan aquellas correlaciones que no presentaron un valor de $P > 0,05$; Los números que presentan el signo (-), hacen referencia a que se correlacionan negativamente con la variable de estudio, y de modo contrario aquellos que no lo presentan se relacionan positivamente.

Fincas: **ERE:** El Recuerdo; **EBO:** El Bohío; **SEN:** San Enrique; **MAK:** Makaira; **LVE:** Las Vegas; **LLO:** La Lorena; **LMA:** La Marcela; **PCA:** Puertocarreño; **LEL:** La Eloísa.

4.5 Análisis y discusión.

4.5.1. Relación entre los parámetros edáficos y la colonización radical por micorrizas y por hongos septados oscuros.

El análisis de componentes principales (Tabla 3) indica que aunque las fincas de las tres zonas son productoras de banano, las características edáficas se diferencian

claramente entre ellas, por esta razón se procedió a realizar un análisis específico por zona (grupos). Esta diferenciación se hace evidente para características como el pH, carbono orgánico, arcilla y arena, que son estadísticamente diferentes por zonas (Tabla 2), mientras las demás características edáficas físico-químicas no muestran una tendencia, sino una alta variabilidad entre fincas (Tabla 1). Esto ilustra y permite decir que se encuentra un mosaico de caracteres propios por finca, que los hacen únicos y que a la vez imprimen un efecto en relación con la colonización radical que conlleva a la adaptación de los simbiontes a las condiciones específicas de suelo y las del hospedero, concepto similar y sugerido por Lekberg, Koide, Rohr, Aldrich-Wolfe, & Morton en el 2007 y por Kauppinen, Raveala, Wäli, & Ruotsalainen en el 2006, del mismo modo el mosaico regional que presenta los suelos puede ser importante en el estudio de la diversidad de los micosimbiontes, el cual va más allá de los alcances de este trabajo.

En general los estudios con plantas micorrícico dependientes en suelos con bajos contenidos de P disponible, muestran una relación negativa entre el P y la colonización por HMA (Amijee, Tinker, & Stribley, 1989; Melloni, Nogueira, Freire, & Cardoso, 2000; Posada et al., 2008), indicando que entre mayor contenido de P disponible, menos colonización es requerida, para que la planta pueda suplir sus requerimientos de este nutriente; en este estudio las concentraciones de P disponible están en un rango entre 55,6 y 243,1 mg Kg⁻¹ (Tabla 1), los cuales según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (suelos con altos contenido de fosforo tienen valores superiores a 40 mg Kg⁻¹) son muy altas, lo cual puede explicar el no haber encontrado una correlación significativa general entre la colonización y el P, solo en la finca LVE (Z2), la cual puede corresponder a una covarianza sin asociación entre el P disponible y los niveles de colonización.

Por otro lado el contenido de P total nunca ha sido empleado como indicador de la colonización por HMA, en este estudio se encuentra una correlación baja pero significara ($r=0,25$, $P=<0,05$) en relación con la totalidad de las muestras (Tabla 3). Sin embargo, el valor promedio de colonización se encuentra entre el 7 y 45%, los cuales aunque son bastante variables, son datos promedio en comparación con cultivos de banano que han sido del 0,01% al 100% (Gaidashova et al., 2010; Usuga, Castañeda, et al., 2008) y otros (Chacón & Cuenca, 1998; Ludwig-Müller, Bennett, García-Garrido, Piché, & Vierheilig, 2002; Negrete-Yankelevich, Maldonado-Mendoza, Lázaro-Castellanos, Sangabriel-Conde, & Martínez-Álvarez, 2013), esto puede conducir a dos posibilidades, el primero que debido a la alta concentración de fósforo en muestras de suelo, la asociación no se está desarrollando para suministrar los requerimientos de fósforo de la planta, sino que puede existir otro tipo de beneficio mutuo como la asimilación de otros tipos de nutrientes, bio-controlador u otra función y la segunda es que se está llevando una relación más parasítica que simbiótica (Busby, Gebhart, Stromberger, Meiman, & Paschke, 2011; Selosse & Rousset, 2011). Estas hipótesis se podrán resolver mediante la realización de estudios específicos al respecto, que van más allá del alcance presente trabajo.

Algunos estudios indican una relación entre la granulometría del suelo (arena, limo y arcilla), con aspectos relacionados con el micelio externo, esporulación y diversidad de HMA (Cordoba, de Mendonça, Stürmer, & Rygielwicz, 2001; Landis, Gargas, & Givnish, 2004; Posada, 2011; Rathore & Singh, 1995), debido a la relación intrínseca de la granulometría con el contenido de humedad, la aireación y la porosidad, se crean condiciones para la difusión de nutrientes y contribuyen a la retención de agua (Finlay,

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

2008; Six, Bossuyt, Degryze, & Deneff, 2004; Six, Frey, Thiet, & Batten, 2006). En el presente estudio se presentaron correlaciones altas ($r > 0.81$) entre la granulometría y los niveles de colonización de raíces de banano por HMA solo en fincas particulares, como SEN (Z1), la cual presenta arena en un 22% y arcilla en un 46%, siendo la correlación positiva con la primera ($r = 0,81$, $P = < 0,05$) y negativa para la segunda ($r = -0,94$, $P = < 0,05$); del mismo modo el predio LVE (Z2) con un 39% de limo presento correlación negativa ($r = -0,81$, $P = < 0,05$) al igual que DAL (Z2) con un 49% de arcilla de y una correlación negativa ($r = -0,89$, $P = < 0,05$) (Tabla 3). Das & Kayang, 2010 realizaron un estudio en relación a la colonización de micorrizas y HSO en bambú, encontrando resultados similares en relación a la colonización de HMA con una correlación negativa con la arcilla ($r = -0.68$) y positiva con la arena ($r = 0.29$), pero contraria en la relación con el limo ($r = 0,66$), teniendo en cuenta que estas correlaciones tenían valores de P mayores a 0,05. Esto pone en evidencia la necesidad de estudiar como la granulometría puede afectar la colonización de HMA.

Con respecto a los hongos septados oscuros (HSO), las publicaciones no permiten generalizar las asociaciones existentes con factores edáficos (Newsham, 2011; Sadowsky et al., 2012), hecho que también se presenta en el presente trabajo, donde en la mayoría de los casos, corresponden a correlaciones y relaciones dentro de una zona o finca, pero no es aplicable a las demás, por lo tanto depende de factores que escapan de los evaluados en el presente trabajo. Resultados similares fueron hallados por Das & Kayang en el 2010 en bambú, en el que se establecieron dos correlaciones, una positiva entre el carbono orgánico ($r = 0,98$, $P = < 0,05$) y la segunda entre el fósforo disponible ($r = 0,98$, $P = < 0,05$), en donde esta última es contraria a los presentes resultados. Se ha

encontrado evidencia de que los HSO se correlaciona positivamente con el fósforo, en especial cuando este nutriente está disponible en el suelo (Barrow & Osuna, 2002; Das & Kayang, 2010; Jumpponen, 2001; K. Newsham, 2011), pero esto no corresponde con lo hallado, puesto que se encuentra una relación alta y negativa solo en la finca LVE (Z2), mientras la relación general es baja ($r=0.25$, $P=0,031$) lo que podría indicar solo una relación sin asociación. También se ha encontrado que los HSO contribuyen a la absorción de nutrientes (Newsham, 2011), en este trabajo los niveles de Mg edáfico en la Z1 oscilan en promedio entre 0.2 y 1.6 cmol/kg pero solo se correlacionan con los HSO en la finca EBO ($r=0.84$, $P=<0,05$), donde los niveles de Mg promedio son más altos para la zona, lo cual afianza los resultados obtenidos, dejando abierta la pregunta de por qué esto ocurre en EBO y si determinadas concentraciones de Mg favorecen la colonización de los HSO, respuesta que va más allá de este estudio.

El contenido de humedad tiene correlaciones positivas con los porcentajes de colonización por HSO, excepto en la Z3 (Tabla 3), la cual presenta los valores más bajos de este parámetro (menos de 20%), lo que indica que por una parte la humedad es un factor limitante y los incrementos de ésta hasta aproximadamente 30% favorecen la colonización por HSO. La influencia del contenido de humedad en HSO no ha sido reportada en ningún sistema ni cultivo, siendo un factor que no puede pasarse por alto dada la alta dependencia del agua para el desarrollo de procesos fisiológicos de los hongos (Moore-Landecker, 1996) en especial cuando las evaluaciones se realizaron en época seca.

El Sodio se correlaciona negativamente ($r=-0,89$, $P=<0,05$) con los HSO, pero no con los HMA en la finca con la mayor concentración de este nutriente PCA (Z3), esa

plantación presenta una mayor colonización por HMA y HSO que en las demás fincas de la zona, es posible que por una parte las altas concentraciones de Na lleguen a ser limitantes de la colonización radical por HSO, por otra parte y de forma complementaria, al alcanzar altas concentraciones de Na los HMA causan un efecto tampón en las plantas asociadas, produciendo una mayor tolerancia, por esta razón, la colonización HMA puede a su vez facilitar la colonización por HSO. Este efecto de las micorrizas en suelos salinos se ha evidenciado en incrementos en la colonización y en el área foliar en plantas de uchuva (*Physalis peruviana*) (Miranda, Fischer, & Ulrichs, 2011) y en el incremento del peso seco de ramas y raíces en plantas de banano (Yano-Melo, Saggin, & Costa, 2003) y olivos (Porrás-Soriano, Soriano-Martín, Porrás-Piedra, & Azcón, 2009).

Como producto de la gran diversidad de características edáficas presentes en los cultivos de banano en Colombia, que se caracteriza por altos contenidos de fósforo edáfico, estas ejercen variados efectos sobre la colonización de sus raíces de banano por HSO y por HMA, muchos de los cuales, son propios de las fincas o regiones. El aporte solo es posible generalizarlo respecto al efecto positivo de la humedad sobre la colonización por HSO, mientras las generalizaciones con HMA no son aplicables a cultivos con altos contenidos de P total y disponible. Las contribuciones de los HMA y HSO en el crecimiento de las plantas pueden tener implicaciones importantes para el manejo de los cultivos y la conservación simultánea de los sistemas edáficos. En este contexto el contenido de carbono orgánico es el único factor que mostró un efecto positivo sobre la colonización por HSO y HMA, y los más altos contenidos de carbono tienden a estabilizar la relación en valores HSO/HMA cercanos a 0.5, proporción que

puede ser benéfica para la planta, quizás como protección contra patógenos radicales (Jie et al., 2009), pero para probarlo se requiere de estudios adicionales.

4.5.2. Colonización radical por hongos formadores de micorriza arbuscular y hongos septados oscuros en plantas de banano.

La colonización presente por HSO en raíces de banano reafirma lo dicho por Newsham (2011), quien sugiere que estos microorganismos están presentes en diferente ecosistemas terrestres, pero son pocos los estudios realizados en relación a estos. Por otro lado, en todas las muestras hay presencia de uno o de ambos hongos estudiados (Figuras 8,9,10,11), estas diferencias pueden ser interpretadas como una necesidad de asociación con HSO y/o HMA ante los factores externos, bien sean edáficos, ambientales o propios del huésped (Carlos Urcelay, Acho, & Joffre, 2011).

Estudios sobre las correlaciones entre la colonización por HMA y HSO, han mostrado variabilidad debido a que puede ser negativa, insignificante o positiva. Urcelay, Acho, & Joffre en el 2011 investigaron este tipo de interacción en *Chenopodium quinua* y en especies de plantas en el altiplano boliviano encontrando una correlación negativa entre los micosimbiontes ($r=-0,54$ $P=0.0104$). Por otro lado, Weishampel & Bedford en el 2006 hallaron en plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas de humedales una correlación negativa entre HSO y HMA en un rango de $-0,29$ a $-0,57$ con P de $0,0001$ a $0,05$ y Stevens, Wellner, & Acevedo (2010), reportaron el mismo tipo de correlación negativa en vegetación de bosque de frondosas en tierras bajas en rangos de $-0,20$ a $-0,38$ con $P<0,05$; Das & Kayang en el 2010, encontraron en bambú en el noreste de india una modesta correlación negativa ($r=0,06$, $P=>0,05$) entre HMA y HSO. De modo

contrario, Wagg, Pautler, Massicotte, & Peterson en el 2008 estudiaron esta interacción en especies en Pinaceae y como resultado mostraron una correlación positiva significativa ($r=0,30$, $P<0,05$) entre la colonización de HMA y HSO.

La variación en los resultados mostrados no es rara como lo sugieren Lekberg, Koide, Rohr, Aldrich-Wolfe, & Morton, (2007) y Stevens, Wellner, & Acevedo, (2010), quienes afirman que los niveles de colonización observados, pueden depender de varios factores bióticos y abióticos, incluyendo nutrientes, disponibilidad de agua, el nivel de perturbación y la fenología de la planta (Bohrer, Friese, & Amon, 2004; Peterson et al., 2004; Ray & Inouye, 2006). Igualmente, puede deberse a una posible competencia por recursos que se pueda estar desarrollando entre HMA y HSO en ecosistemas edáficos específicos como lo sugiere Das & Kayang en el 2010, y aunque los resultado hallados presentan una correlación positiva no se puede descartar este tipo relación entre HMA y HSO.

En la presente investigación se encontró una relación generalmente positiva entre los niveles de HMA y HSO, que es más evidente en las fincas ERE (Z1) y LMA (Z3), la Z2 no muestra correlaciones entre colonizaciones (Tabla 3). A su vez, la Z2 muestra los valores más bajos en la relación HSO/HMA, debido principalmente a bajos niveles de colonización por HSO (Figura 9), Estas diferentes respuestas pueden depender de la planta huésped (Stevens et al., 2010; Wagg, Husband, Green, Massicotte, & Peterson, 2010) o la interacción entre los mismos microorganismos en estudio (Coyne & Rasskin, 2000; Scervino et al., 2009).

Lo dicho con anterioridad se refleja en el trabajo realizado por Scervino et al, en el 2009, los cuales extrajeron los exudados de la cepa del HSO *Dreschlera sp.*, y expusieron el hongo de micorriza arbuscular *Gigaspora Rosea* a dicho compuesto, como resultado encontraron que las concentraciones entre 0,05 y 1,5% pueden aumentar la longitud de las hifas, pero dosis superiores al 3% no generaron ningún cambio significativo respecto a la muestra control. En este caso, las variaciones de colonización pueden ser por las interacciones entre los micosimbiontes y pudieran explicar parcialmente el comportamiento mostrado en el presente estudio, ya que la liberación de exudados puede tener un efecto como "modulador", que estimula o inhibe el crecimiento de las hifas de HMA dependiendo del nivel de concentración de los exudados que puedan generar los HSO.

Cada especie vegetal parece tener sus propios valores de HSO/HMA, al igual que en la investigación de Stevens (2010), con valores de 30,4% a 0,01% para las especies de plantas que presentaron en la raíz los dos tipos de colonizaciones tanto de micorrizas como de hongos septados oscuros. La colonización tanto de HSO como por HMA están correlacionada con los contenidos de CO, esto se evidencia observando la Z1 con porcentajes de CO de 6,1% los cuales según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi tiene un alto contenidos de carbono orgánico (>2.3), en esta zona la colonización presente por HMA fue de 69% y de HSO de 36%. Al relacionar la Z2 con él %CO de 1,05 (contenido bajo de CO (<1.2)) y la presencia de los micosimbiontes más baja (34,5% HMA y 14,1% HSO) y la Z3 con 1,73% de carbono orgánico (contenido medio de CO (1.2-2.3)) y niveles de micorrización de 50,9% y en hongos septados oscuros de 30,2%

(Tabla 3), se observa una diferencia significativa entre el %CO y la presencia de los dos hongos de estudio en cada una de las zonas estudiadas.

Este resultado es comparable el estudio realizado por Das & Kayang (2010) en donde encontraron una correlación altamente positiva ($P > 0.01$) entre la colonización por HMA, HSO y el porcentaje de carbono orgánico. Esto puede indicar un efecto positivo general del %CO sobre la colonización de la raíz. Parece que los valores de HSO / HMA tienden a estabilizarse en una relación 1:2 (HSO:HMA) como un producto de su relación con %CO (Tabla 3), y quizás es la proporción adecuada para el rendimiento, el crecimiento y la producción de este cultivo. Los suelos más ácidos con un promedio de 4,75 (muy fuertemente ácido) y los de menores contenidos de arcilla con una media de 28,7%, se encuentran en la Z1 sin embargo no se correlacionan significativamente con las colonizaciones radiculares (Tabla 3).

Este resultado muestra, que solo el porcentaje de carbono orgánico mostró ser el factor edáfico determinante en un equilibrio de la relación entre HSO/HMA en la colonización de raíces de banano, a su vez la presencia de los HSO puede estar generando un posible papel como modulador de crecimiento para la colonización de HMA. Cabe aclarar que muy pocos estudios han establecido relaciones entre HMA y HSO a nivel de raíz (Fuchs & Haselwandter, 2004), y dentro de los resultados obtenidos por otros autores se ha encontrado que las diferencias en los niveles de colonización por ambos endófitos, pueden depender de la especie vegetal (Stevens et al., 2010). Estas relaciones también se han encontrado entre micorrizas Ericoides y HSO (Sadowsky et al., 2012; Vohník & Albrechtová, 2011) en los que se sugiere preferencia por una cierta asociación en ciertos hábitats o condiciones, incluso relaciones entre saprofitos y HMA

han sido investigados la colonización de hojarasca y raíces en sistemas forestales (Posada et al., 2012), encontrando que la colonización de ambos en hojarasca se correlaciona positivamente, mientras en raíces la colonización por HSO y HMA solo se correlaciona positivamente dependiendo de la especie vegetal.

4.6. Conclusiones

Morfológicamente se logró identificar la presencia de hongos septados oscuros en la raíz de banano, siendo el primer reporte sobre este endófito en las raíces de *Musa paradisiaca* L., en las zonas de estudio y pudiera estar presente en una gran variedad de ecosistemas como lo sugieren otros autores.

Existe una relación positiva entre los niveles de colonización de los hongos estudiados y las concentraciones de carbono orgánico halladas en las zonas muestreadas, en comparación con otros factores edáficos, reafirmando el concepto que al tener mayores concentraciones de este componente edáfico, aumenta la colonización por HMA y HSO en el huésped.

En la presente investigación se encontró una relación generalmente positiva entre los micosimbiontes estudiados, entre una mayor es la colonización por HSO, mayor son los niveles de colonización por HMA presentes en las muestras estudiadas.

Debido a los altos contenidos de fósforo disponible y total, el mutualismo teóricamente establecido entre hongos micorrizicos arbusculares y hospedero está en duda en los cultivos de banano estudiados, ya que no se encontraron interacciones significativas entre el elemento y el simbionte.

Aunque las muestras fueron obtenidas del mismo tipo de cultivo, las variaciones en las características edáficas son propias de cada zona e incluso de cada finca, esto refuerza la teoría agroecológica referente a los nichos ecológicos específicos y en relación a los endófitos estudiados, los cuales están adaptados a las condiciones edafoclimáticas y a las plantas presentes en un área determinada.

Las concentraciones de arena interactúan positivamente con los hongos estudiados y por otro lado las cantidades de limo y arcilla se correlacionan negativamente con la colonización por HMA, esto confirma una tendencia mostrada en los artículos revisados, siendo la granulometría un factor de importancia para la presencia de los micosimbiontes en la raíz.

El aumento de los contenidos de humedad hasta un 30% se relaciona positivamente con la colonización por hongos septados oscuros, aumentando su colonización en las raíces de banano, resultado que no había sido reportado en artículos anteriores y que puede ser de vital importancia para entender el comportamiento de dicho endófito.

4.7. Recomendaciones

Se deben desarrollar más estudios sobre la presencia de HSO en zonas tropicales y a nivel general ya que son pocos en comparación con los de micorrizas, esto con el fin de reconocer su presencia en diferentes plantas, su función en los ecosistemas, y la posible aplicación en prácticas agroecológicas.

Los altos contenidos de fosforo presentes en los suelos estudiados, posiblemente inhibieron la funcionalidad de los HMA al suministrarle a el huésped dicho compuesto, por lo que se necesita realizar estudios referentes a si desarrollan algún tipo de función benéfica a la planta o si se presentan simbiosis mutualista o parasítica bajo estas condiciones.

Se hace necesario conocer el tipo de mecanismo de modulación aplicados por HSO en el crecimiento de HMA, esto con el fin de determinar su posible cooperación en la colonización de micorrizas, siendo un posible camino al mejoramiento en el funcionamiento de este organismo mutualista en los cultivos donde son utilizados.

En futuros trabajos se debe tener en cuenta tanto el aspecto químico como físico del suelo, esto se debe a la poca información sobre la influencia de los componentes físico-edáficos en la colonización por HMA y HSO, dando que en la presente investigación, se encontraron relaciones importantes entre la granulometría y los contenidos de humedad con la presencia de los micosimbiontes.

Se sugiere hacer una investigación sobre la posible relación entre las cantidades de magnesio y su posible asimilación por parte de los hongos septados oscuros y si este elemento puede ser suministrado a la planta hospedera.

En suelos con altos contenidos de Na, la presencia de colonización de HMA, posiblemente favorece los niveles de colonización de HSO, ayudando posiblemente a su establecimiento en la raíz, pero hacen falta estudios que pueden afirmar dicho comportamiento.

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presentes en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

Se necesitan realizar investigaciones sobre el beneficio que puede presentar la colonización de estos micosimbiontes en la planta, para determinar qué tipo de nutrientes suministran, si cumplen alguna función en el control de patógenos, su comportamiento en situaciones de estrés hídrico, si hacen tolerable condiciones adversas, entre otros.

Referencias bibliográficas

- Abdalla, A., Rizk, A., & Adam, S. (2001). The productivity of pepper plants as influenced by some bio-fertilizer treatments under plastic house conditions. *Bull. Fac. Agric. Cairo Univ.*, 52(4), 625–639.
- Adam, S., A, A., & F, R. (2002). Effect of the interaction between the mineral and bio-fertilizer on the productivity of cantaloupe (*Cucumis melo* L.) under the newly reclaimed soils conditions. *Egypt. J. Hort.*, 29(2), 301–3015.
- Aguirre, J., Irizar, M., Durán, A., Grajeda, O., Peña del Río, M. D. L. Á., Loredó, C., & Gutiérrez, Á. (2009). *Los biofertilizantes microbianos : alternativa para la agricultura en México*.
- Alberton, O., Kuyper, T. W., & Summerbell, R. C. (2009). Dark septate root endophytic fungi increase growth of Scots pine seedlings under elevated CO₂ through enhanced nitrogen use efficiency. *Plant and Soil*, 328(1-2), 459–470.
<http://doi.org/10.1007/s11104-009-0125-8>
- Alcaldía Distrital de Santa Marta. (2015). Geografía - Alcaldía Distrital de Santa Marta. Retrieved April 26, 2015, from <http://www.santamarta.gov.co/web/ven-y-vive/geografia.html>
- Altieri, M y Nicholls, C. (2000). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*.

Andrade-Linares, D. R., Grosch, R., Restrepo, S., Krumbein, A., & Franken, P. (2011).

Effects of dark septate endophytes on tomato plant performance. *Mycorrhiza*, 21(5), 413–22. <http://doi.org/10.1007/s00572-010-0351-1>

Asociación de bananeros de Colombia. (2013). Zonas Productoras. Retrieved July 3, 2015, from

http://www.augura.com.co./index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=31

Augé, R. M. (2001). Water relations , drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, 11, 3–42.

Barbosa, R., Ribeiro, E., & Da Costa, F. (2002). Micorriza arbuscular e matéria orgânica na aclimatização de mudas de bananeira, cultivar nanicão. *Bragantia, Campinas*, 61(3), 277–283.

Barrow, J. R., & Osuna, P. (2002). Phosphorus solubilization and uptake by dark septate fungi in fourwing saltbush, *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. *Journal of Arid Environments*. <http://doi.org/10.1006/jare.2001.0925>

Bates, R. G. (1954). *Determination of pH: theory and practice* (1st ed.). New York.

Beauregard, M. S., Hamel, C., Atul-Nayyar, & St-Arnaud, M. (2010). Long-term phosphorus fertilization impacts soil fungal and bacterial diversity but not AM fungal community in alfalfa. *Microbial Ecology*, 59(2), 379–89. <http://doi.org/10.1007/s00248-009-9583-z>

Becklin, K. M. (2010). *Friends in high places: Ecology of mycorrhizal associations in alpine plant communities*. University of Missouri - Columbia.

Bhadalung, N. N., Suwanarit, A., Dell, B., Nopamornbodi, O., Thamchaipenet, A., & Rungchuang, J. (2005). Effects of long-term NP-fertilization on abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi under a maize cropping system. *Plant and Soil*, 270(1), 371–382. <http://doi.org/10.1007/s11104-004-1829-4>

Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43, 435–438.

Bray, R. H., & Kurtz, L. T. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphate in soils. *Soil Sei*, 59, 39–45.

Colamarino, I. (2011). Producción de bananas. *Alimentos Argentinos*.

Coyne, M., & Rasskin, M. (2000). *Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio*.

Paraninfo, Editorial S. A. Retrieved from

http://books.google.com.co/books/about/Microbiolog%C3%ADa_del_suelo.html?id=PkvbAAAACAAJ&pgis=1

Das, P., & Kayang, H. (2010). Arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophyte colonization in bamboo from Northeast India. *Frontiers of Agriculture in China*, 4(3), 375–382. <http://doi.org/10.1007/s11703-010-1013-y>

Departamento administrativo nacional de Colombia. (2011). *Resultados encuesta nacional agropecuaria ENA*. Retrieved from

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/enda/ena/doc_anexos_ena_2011.pdf

Di Rienzo, J. A., F., C., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2014). InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA. Córdoba - Argentina: Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

El-Metwaly, I. (1998). *Effect of herbicides and biofertilization on growth and yield of wheat under different nitrogen fertilization levels*. Mansoura.

Elsen, A., Baimey, H., Swennen, R., & De Waele, D. (2003). Relative mycorrhizal dependency and mycorrhiza-nematode interaction in banana cultivars (*Musa* spp.) differing in nematode susceptibility. *Plant and Soil*, 256(2), 303–313.

Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE). (2010). ANTIOQUIA. Retrieved April 26, 2015, from <http://www.fonade.gov.co/GeoTec/inventario1/zonas/Antioquia.php>

Fracchia, S., Krapovickas, L., Aranda-Rickert, A., & Valentinuzzi, V. S. (2011). Dispersal of arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes by *Ctenomys* cf. *knighti* (Rodentia) in the northern Monte Desert of Argentina. *Journal of Arid Environments*, 75(11), 1016–1023. <http://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.04.034>

Fuchs, B., & Haselwandter, K. (2004). Red list plants: colonization by arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes. *Mycorrhiza*, 14(4), 277–81. <http://doi.org/10.1007/s00572-004-0314-5>

Gaidashova, S., Nsabimana, A., Karamura, D., van Asten, P., & Declerck, S. (2012).

Mycorrhizal colonization of major banana genotypes in six East African environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 157, 40–46.

<http://doi.org/10.1016/j.agee.2012.01.005>

Gaidashova, S., Van Asten, P., Jefwa, J., Delvaux, B., & Declerck, S. (2010).

Arbuscular mycorrhizal fungi in the East African Highland banana cropping systems as related to edapho-climatic conditions and management practices: case study of Rwanda. *Fungal Ecology*, 3(3), 225–233.

<http://doi.org/10.1016/j.funeco.2009.09.002>

García, I., Mendoza, R., & Pomar, M. C. (2012). Arbuscular mycorrhizal symbiosis and dark septate endophytes under contrasting grazing modes in the Magellanic steppe of Tierra del Fuego. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 155, 194–201.

<http://doi.org/10.1016/j.agee.2012.04.020>

Ge, Y., Zhang, J., Zhang, L., Yang, M., & He, J. (2008). Long-term fertilization regimes affect bacterial community structure and diversity of an agricultural soil in northern China. *Journal of Soils and Sediments*, 8(1), 43–50.

<http://doi.org/10.1065/jss2008.01.270>

Gerencia de Investigación de Mercados Dominicana Exporta. (2010). *Perfil Económico del Banano. Dominican Exporta.*

Gryndler, M., Larsen, J., Hrselová, H., Rezacová, V., Gryndlerová, H., & Kubát, J.

(2006). Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the

development of external mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi in a long-term field experiment. *Mycorrhiza*, 16(3), 159–66. <http://doi.org/10.1007/s00572-005-0027-4>

Guo, H., He, X., & Li, Y. (2012). Spatial distribution of arbuscular mycorrhiza and glomalin in the rhizosphere of *Caragana korshinskii* Kom. in the Otindag sandy land, China. *African Journal of Microbiology Research*, 6(28), 5745–5753. <http://doi.org/10.5897/AJMR11.1560>

Heijden, M. G. A. van der, Klironomos, J. N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., ... Sanders, I. R. (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396(6706), 69–72. <http://doi.org/10.1038/23932>

Hirsch, G. U., & Braun, U. (1992). Communities of parasitic microfungi. *Fungi in Vegetation Science*, 19, 225–250.

Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt. (2014). Biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Retrieved from <http://www.humboldt.org.co/es/biodiversidad/que-es-la-biodiversidad>

Jumpponen, A. (2001). Dark septate endophytes - are they mycorrhizal? *Mycorrhiza*, 11(4), 207–211. <http://doi.org/10.1007/s005720100112>

Jumpponen, A., & Trappe, J. (1998). Dark septate endophytes : a review of facultative biotrophic root-colonizing fungi. *New Phytol*, 140, 295–310.

Kovach Computing Services. (2000). Multi-Variate Statistical Package.

Lee, K., & Pankhurst, C. (1992). Soil organisms and sustainable productivity. *Australian Journal of Soil Research*, 30(6), 855. <http://doi.org/10.1071/SR9920855>

Lekberg, Y., Koide, R. T., Rohr, J. R., Aldrich-Wolfe, L., & Morton, J. B. (2007). Role of niche restrictions and dispersal in the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Journal of Ecology*, 95(1), 95–105. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01193.x>

López, A. (1998). *Producción de Banano Orgánico*. Bioersity International. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=TL0PE62Na9gC&pgis=1>

López, J., & Espinosa, J. (1995). *Manual de nutrición y fertilización del banano* (1st ed.). Quito, Ecuador: International Plant Nutrition Institute. Retrieved from <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=CEDOC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expression=mfn=003976>

McGonigle, T. P., Miller, M. H., Evans, D. G., Fairchild, G. L., & Swan, J. a. (1990). A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 115(3), 495–501. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1990.tb00476.x>

Mingui, G., Ming, T., Qiaoming, Z., & Xinxin, F. (2012). Effects of climatic and edaphic factors on arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of Hippophae

rhamnoides in the Loess Plateau, China. *Acta Ecologica Sinica*, 32(2), 62–67.

<http://doi.org/10.1016/j.chnaes.2011.12.005>

Ministerio de agricultura Y desarrollo rural. (2013). *Informe de rendición de Cuentas Gestión 2012 - 2013*.

Ministerio de tecnología de la información y las comunicaciones. (2013). Alcaldía de la Vega-Cundinamarca, nuestro municipio. Retrieved April 26, 2015, from http://www.lavega-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml

Mnyazi, J., Kahangi, E., Losenge, T., Mung'atu, J., Ngului, W., Ichami, S., ... Vanluawe, B. (2012). Arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of banana and plantain and the growth of tissue culture cultivars. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 157, 24–31. <http://doi.org/10.1016/j.agee.2012.03.014>

Muhammad, Y., Kaleem, A., Amjed, A., Syed, W., & Hassan, S. (2012). Role of biofertilizers in flax for ecofriendly agriculture (Review). *Sci.int.(Lahore)*, 24(1), 95–99.

Muthukumar, T., Senthilkumar, M., Rajangam, M., & Udaiyan, K. (2006). Arbuscular mycorrhizal morphology and dark septate fungal associations in medicinal and aromatic plants of Western Ghats, Southern India. *Mycorrhiza*, 17, 11–24.

Narisawa, K., Kawamata, H., Currah, R. S., & Hashiba, T. (2002). Suppression of Verticillium wilt in eggplant by some fungal root endophytes. *European Journal of Plant Pathology*, 102, 103–109.

- Newsham, K. (2011). A meta-analysis of plant responses to dark septate root endophytes. *The New Phytologist*, 190(3), 783–93. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03611.x>
- Newsham, K. K. (1999). Phialophora graminicola, a dark septate fungus, is a beneficial associate of the grass *Vulpia ciliata* ssp . *ambigua*. *New Phytologist*, 144, 517–524.
- Nicholson, T. (1959). Mycorrhiza in the gramineae. I. vesiculararbuscular endophytes, with special reference to the external phase. *Transactions of the British Mycological Society*, 42, 421–438.
- Ochoa, M. S., Pedraza, R. M., Martínez, M., & Abud, Y. (2010). Plantas , hongos micorrizicos y bacterias : su compleja red de interacciones. *Biológicas*, 12(1), 65–71.
- Oliveira, A., Oliveira, L., & Figueiredo, A. (2003). Colonização micorrizica e concentração de nutrientes em três cultivares de bananeiras em um latossolo amarelo da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 33(3), 345–352.
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, direccion de E. (2013). Produccion de banano, Colombia. Retrieved from <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/S>
- Organización de las naciones unidas para la alimentacion y la agricultura FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso: una guía de bolsillo para los oficiales de extensión* (4th

ed.). Roma: Food & Agriculture Org. Retrieved from

<https://books.google.com/books?id=9HtOrqp5josC&pgis=1>

Organización de Naciones Unidas, O. (1987). Informe de la comisión mundial sobre medio ambiente y desarrollo. Retrieved from <http://www.unica.edu.pe/desarrollo-sostenible/documentos/informe-de-la-comision-mundial-ambiente-y-desarrollo.pdf>

Organization Population reference bureau. (2014). 2014 World Population Data Sheet.

Retrieved August 9, 2015, from

<http://www.prb.org/Publications/Datasheets/2014/2014-world-population-data-sheet.aspx>

Pérez, A., Botero, C., & Cepero, M. (2012). Diversidad de micorrizas arbusculares en pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus de fincas ganaderas del municipio de Corozal-Sucre., *17*(2), 3024–3032.

Pérez, A., & Peroza, V. (2013). Micorrizas arbusculares asociadas al pasto angleton (*Dichathium aristatum* Benth) en fincas ganaderas del municipio de Tolú, Sucre-Colombia Arbuscular mycorrhizae associated to angleton grass (*Dichathium aristatum* Benth) on livestock farms at the muni, *18*(1), 3362–3369.

Perez, A., Rojas, J., & Montes, D. (2011). Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, *3*(2), 366–385.

Pérez, G. J. (2007). *El Caribe antioqueño: Entre los retos de la geografía y el espíritu paisa*.

Peterson, R. L., Massicotte, H. B., & Melville, L. H. (2004). *Mycorrhizas : Anatomy and Cell Biology*.

Pineda, A., Zheng, S.-J., van Loon, J. J. A., Pieterse, C. M. J., & Dicke, M. (2010). Helping plants to deal with insects: the role of beneficial soil-borne microbes. *Trends in Plant Science*, 15(9), 507–514.
<http://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.05.007>

Planchamp, C., Balmer, D., Hund, A., & Mauch-Mani, B. (2013). A soil-free root observation system for the study of root-microorganism interactions in maize. *Plant and Soil*, 367(1-2), 605–614. <http://doi.org/10.1007/s11104-012-1497-8>

Polaco, D. N., Polaco, R., & Velasquez, R. A. (2005). *Sistema de producción sostenible, gestión ambiental participativa como aporte a la construcción de paz y desarrollo humano sostenible en las regiones de Tolima y Huila. Ecofondo*.

Posada, R. H., Madriñan, S., & Rivera, E.-L. (2012). Relationships between the litter colonization by saprotrophic and arbuscular mycorrhizal fungi with depth in a tropical forest. *Fungal Biology*, 116(7), 747–55.
<http://doi.org/10.1016/j.funbio.2012.04.003>

Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo. (PNUD). (2012). Magdalena 2012 Estado de Avance de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

- Rhoades, J. D. (1982). Cation exchange capacity. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (eds) *Methods of soil analysis, Part 2, Vol 9, 2nd edn. American Society of Agronomy, 9, 149–158.*
- Rojas, J., & Moreno, N. (2008). Producción y formulación de prototipos de un biofertilizante a partir de bacterias nativas asociadas al cultivo de arroz (*Oryza sativa*). *Revista Colombiana de Biotecnología, X(2), 50–62.*
- Román, M., & Miguel, A. (2000). Identificación y descripción de las ectomicorrizas de *Quercus Ilex* l. subsp. *Ballota* (desf.) samp. en una zona quemada y una zona sin alterar del carrascalde nazar (navarra). *Biología, 13, 1–42.*
- Sadowsky, J. J., Hanson, E. J., & Schilder, a. M. C. (2012). Root colonization by ericoid mycorrhizae and dark septate endophytes in organic and conventional blueberry fields in Michigan. *International Journal of Fruit Science, 12(1-3), 169–187.*
<http://doi.org/10.1080/15538362.2011.619346>
- Salvarredi, L., Crespo, E., Menoyo, E., Filippa, E., Barboza, G., & Lugo, M. (2010). Micorrizas arbusculares y endofitos septados oscuros en *Gentianaceae* nativas de la Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot, 45(3-4), 223–229.*
- Sánchez de Prager, M., Posada Almanza, R. H., Velásquez Pomar, D., & Narvaez Castillo, M. (2010). *Metodologías básicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular* (1st ed.). Palmira: Universidad Nacional de Colombia.

Sanchez de Prager, M., Posada, R., Velasquez, D., & Narváez, M. (2010).

Metodologías Básicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular.

Sánchez, M. (2009). *Estudio de la microbiota endofítica asociada a las gramíneas.*

Departamento de Microbiología y Genética. Universidad de Salamanca.

Sanjuán, J., & Moreno, N. (2010). Aplicacion de insumos biológicos: una oportunidad para la agricultura sostenible y amigable con el medioambiente. *Rev. Comlomb.*

Biotechnol., 12(1), 4–7. Retrieved from

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77617786001>

Schadt, C. W., Mullen, R. B., & Schmidt, S. K. (2001). Isolation and phylogenetic identification of a dark-septate fungus associated with the alpine plant *Ranunculus adoneus*, 747–755.

Sieverding, E. (1991). *Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems.* Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn, Germany.

Smith, S. ., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis Edition, Third* (third). Elsevier Inc.

Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis* (3rd ed.). Academic Press.

Retrieved from

https://books.google.com.co/books/about/Mycorrhizal_Symbiosis.html?id=v9V8cH0mPS4C&pgis=1

Sociedad colombiana de las ciencias del suelo. (2001). *Fertilidad del suelo*. (Guadalupe Ltda, Ed.) (2nd ed.). Bogotá, Colombia.

Stevens, K. J., Wellner, M. R., & Acevedo, M. F. (2010). Dark septate endophyte and arbuscular mycorrhizal status of vegetation colonizing a bottomland hardwood forest after a 100 year flood. *Aquatic Botany*, 92(2), 105–111.
<http://doi.org/10.1016/j.aquabot.2009.10.013>

Stoorvogel, J., & Vargas, R. (1998). Producción de banano orgánico y / o ambientalmente amigable. In *Producción de banano orgánico y / o ambientalmente amigable. Taller Internacional de Producción de banano orgánico y / o ambientalmente amigable* (pp. 40–55).

SYSTAT Software Inc. (2004). SigmaStat 3.11. San Jose, CA. EE.UU.

Urcelay, C., Acho, J., & Joffre, R. (2011). Fungal root symbionts and their relationship with fine root proportion in native plants from the Bolivian Andean highlands above 3,700 m elevation. *Mycorrhiza*, 21(5), 323–330. <http://doi.org/10.1007/s00572-010-0339-x>

Urcelay, C., Tecco, P., & Chiarini, F. (2005). Micorrizas arbusculares del tipo Arum y Paris y endófitos radicales septados oscuros en *Miconia ioneura* y *Tibouchina paratropica*. *Bol. Soc. Argent. Bot*, 40(3-4), 151–155.

Usuga, C., Castañeda, D., Franco, A., Gómez, F., & Lopera, C. (2008). Efecto de la micorrización y la fertilización en la acumulación de biomasa en plantas de banano (. *Revista de La Facultad de Agronomía, Medellín*, 61(1), 4269–4278.

Usuga, C., Castañeda, D., & Franco, A. (2008). Multiplicación de hongos micorriza arbuscular (h.m.a) y efecto de la micorrización en plantas micropropagadas de banano (. *Revista de La Facultad de Agronomía, Medellín*, 61(1), 4279–4290.

Vaast, P., Caswell-Chen, E. P., & Zasoski, R. J. (1997). Influences of a root-lesion nematode, *Pratylenchus coffeae*, and two arbuscular mycorrhizal fungi, *Acaulospora mellea* and *Glomus clarum* on coffee (*Coffea arabica* L.). *Biology and Fertility of Soils*, 26(2), 130–135. <http://doi.org/10.1007/s003740050355>

Vierheilig, H., Coughlan, A. P., Wyss, U., & Piché, Y. (1998). Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. *Applied and Environmental Microbiology*. <http://doi.org/>

Vohník, M., & Albrechtová, J. (2011). The co-occurrence and morphological continuum between ericoid mycorrhiza and dark septate endophytes in roots of six european rhododendron species. *Folia Geobotanica*, 46(4), 373–386. <http://doi.org/10.1007/s12224-011-9098-5>

Wagg, C., Husband, B. C., Green, D. S., Massicotte, H. B., & Peterson, R. L. (2010). Soil microbial communities from an elevational cline differ in their effect on conifer seedling growth. *Plant and Soil*, 340(1-2), 491–504. <http://doi.org/10.1007/s11104-010-0621-x>

- Wagg, C., Pautler, M., Massicotte, H. B., & Peterson, R. L. (2008). The co-occurrence of ectomycorrhizal, arbuscular mycorrhizal, and dark septate fungi in seedlings of four members of the Pinaceae. *Mycorrhiza*, 18(2), 103–10. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/s00572-007-0157-y>
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29–38.
- Willard, H. ., Merritt, L. L., & Dean, J. A. (1974). *Instrumental Methods of Analysis* (5th ed.). New York.
- Wilson, G., Hartnett, D., Smith, M., & Kobbeman, K. (2001). Effects of mycorrhizae on growth and demography of tallgrass prairie forbs. *American Journal of Botany*, 88(8), 1452–7. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21669678>
- Wu, F., Dong, M., Liu, Y., Ma, X., An, L., Young, J. P. W., & Feng, H. (2010). Effects of long-term fertilization on AM fungal community structure and Glomalin-related soil protein in the Loess Plateau of China. *Plant and Soil*, 342(1-2), 233–247. <http://doi.org/10.1007/s11104-010-0688-4>
- Xiaobu, C., Cheng, Q., Yuelin, P., Gu, F., & Jingping, G. (2005). Effects of environmental factors on AM fungi around steppe plant roots in Tibet Plateau. Retrieved March 30, 2015, from <http://search.proquest.com.ezproxy.uniminuto.edu:8000/docview/68498358/2E400695F7945D7PQ/1?accountid=48797>

Yongjun, L., Lei, H., Lizhe, A., Thorunn, H., & Huyuan, F. (2009). Arbuscular mycorrhizal dynamics in a chronosequence of *Caragana korshinskii* plantations.

Retrieved March 30, 2015, from

<http://search.proquest.com.ezproxy.uniminuto.edu:8000/docview/294621441/9FF090C1E53C449CPQ/1?accountid=48797>

Zubek, S., Błaszowski, J., & Mleczko, P. (2011). Arbuscular mycorrhizal and dark septate endophyte associations of medicinal plants. *Acta Societatis Botanicorum*

Poloniae, 80(4), 285–292. Retrieved from

<https://doaj.org/article/be9a6e5e03fa4f8ab5582111924da3f0>

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

Anexos.

Anexo 1. Tablas de conteos de colonizaciones en las zonas de estudio.

Anexo 1.1. Resultados de colonización en la Zona 1 (La Vega y Albán, Cundinamarca).

ZONA 1																			
FINCA 1	REP	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3			MUESTRA 4			MUESTRA 5			MUESTRA 6		
		CONT	HMA	HSO															
	A	44	38	23	61	61	47	20	18	15	40	22	17	37	31	13	54	35	23
	B	48	45	30	45	42	33	14	11	11	39	25	18	28	21	13	49	43	26
	C	53	50	14	65	65	40	11	10	9	42	24	21	44	34	20	34	31	22
	D	56	48	8	46	42	34	15	14	11	37	30	25	30	25	15	45	25	21
	PROM	50,25	45,3	18,8	54,25	52,5	38,5	15	13,3	11,5	39,5	25,3	20,3	34,75	27,8	15,3	45,5	33,5	23
	%		0,9	0,37		0,97	0,71		0,88	0,77		0,64	0,51		0,8	0,44		0,74	0,51
FINCA 2	REP	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3			MUESTRA 4			MUESTRA 5			MUESTRA 6		
		CONT	HMA	HSO															
	A	28	16	6	40	28	13	26	10	4	34	21	16	29	20	8	22	15	8
	B	24	12	5	22	17	8	24	16	7	38	29	15	26	16	11	24	16	9
	C	23	16	10	23	17	9	44	17	4	29	13	8	29	20	8	30	15	7
	D	29	12	5	30	20	9	30	26	13	35	31	18	35	23	12	32	16	11
	PROM	26	14	6,5	28,75	20,5	9,75	31	17,3	7	34	23,5	14,3	29,75	19,8	9,75	27	15,5	8,75
	%		0,54	0,25		0,71	0,34		0,56	0,23		0,69	0,42		0,66	0,33		0,57	0,32
FINCA 3	REP	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3			MUESTRA 4			MUESTRA 5			MUESTRA 6		
		CONT	HMA	HSO															
	A	28	16	10	47	42	18	34	19	13	37	20	10	38	31	18	34	24	6
	B	30	17	10	30	17	10	23	12	9	34	25	9	33	27	11	49	31	13
	C	27	15	10	32	26	12	30	17	8	29	21	18	43	31	18	36	12	4
	D	27	15	7	40	25	15	34	20	11	23	15	8	25	20	15	44	28	11
	PROM	28	15,8	9,25	37,25	27,5	13,8	30,25	17	10,3	30,75	20,3	11,3	34,75	27,3	15,5	40,75	23,8	8,5
	%		0,56	0,33		0,74	0,37		0,56	0,34		0,66	0,37		0,78	0,45		0,58	0,21
FINCA 4	REP	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3			MUESTRA 4			MUESTRA 5			MUESTRA 6		
		CONT	HMA	HSO															
	A	34	20	16	42	27	8	41	25	3	42	31	8	39	36	22	40	31	9
	B	34	18	11	33	18	8	38	29	2	38	27	7	31	28	15	29	8	3
	C	38	23	11	27	19	11	36	30	0	31	17	13	43	36	17	37	15	9
	D	32	24	7	24	10	2	39	29	2	32	42	9	41	30	14	38	27	4
	PROM	34,5	21,3	11,3	31,5	18,5	7,25	38,5	28,3	1,75	35,75	29,3	9,25	38,5	32,5	17	36	20,3	6,25
	%		0,62	0,33		0,59	0,23		0,73	0,05		0,82	0,26		0,84	0,44		0,56	0,17

CONT: número de cuadrantes estudiados; **HMA:** número de cuadrantes con presencia de micorrizas arbusculares; **HSO:** número de cuadrantes con presencia de hongos septados oscuros; **REP:** replicas; **PROM:** promedio; **%:** Porcentaje de Colonización.

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

Anexo 1.2. Resultados de colonización en la Zona 2 (Chicorodo y Apartado Urabá, Antioquia).

ZONA 2																			
FINCA 1	REP	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3			MUESTRA 4			MUESTRA 5			MUESTRA 6		
		CONT	HMA	HSO															
FINCA 1	A	45	5	6	35	5	7	54	26	12	35	23	6	32	20	7	23	6	2
	B	56	40	10	45	20	15	34	19	3	49	24	5	35	13	7	31	12	3
	C	46	25	8	50	30	11	41	20	5	28	6	10	39	20	4	37	14	3
	D	30	15	4	41	6	11	31	15	6	42	23	8	23	9	6	39	8	2
	PROM	44,25	21,3	7	42,75	15,3	11	40	20	6,5	38,5	19	7,25	32,25	15,5	6	32,5	10	2,5
	%		0,48	0,16		0,36	0,26		0,5	0,16		0,49	0,19		0,48	0,19		0,31	0,08
FINCA 2	A	60	16	4	67	20	9	69	17	11	51	8	4	62	14	6	41	18	6
	B	39	13	4	50	15	2	65	15	9	44	3	6	56	9	7	47	20	4
	C	66	19	5	35	8	5	52	10	7	39	5	3	42	4	8	48	28	4
	D	67	6	14	49	10	6				45	13	7	44	7	6	38	24	3
	PROM	58	13,5	6,75	50,25	13,3	5,5	62	14	9	44,75	7,25	5	51	8,5	6,75	43,5	22,5	4,25
	%		0,23	0,12		0,26	0,11		0,23	0,15		0,16	0,11		0,17	0,13		0,52	0,1
FINCA 3	A	43	14	7	36	6	2	51	30	7	66	23	4	44	17	8	41	16	7
	B	32	11	5	42	6	5	47	28	4	54	17	3	33	2	2	42	7	5
	C	49	19	7	30	10	4	34	21	4	43	16	1	38	6	3	48	15	7
	D	36	4	8	34	9	3	39	26	4	45	20	2	25	6	3	45	3	7
	PROM	40	12	6,75	35,5	7,75	3,5	42,75	26,3	4,75	52	19	2,5	35	7,75	4	44	10,3	6,5
	%		0,3	0,17		0,22	0,1		0,61	0,11		0,37	0,05		0,22	0,11		0,23	0,15
FINCA 4	A	47	15	6	29	3	2	70	44	8	44	11	9	43	23	7	37	5	7
	B	43	11	3	33	5	3	62	37	10	40	7	6	31	11	10	39	8	6
	C	40	17	5	35	4	6	44	30	17	42	4	7	44	20	6	47	10	8
	D	47	15	4	52	34	6	49	30	13				52	31	7	45	11	8
	PROM	44,25	14,5	4,5	37,25	11,5	4,25	56,25	35,3	12	42	7,33	7,33	42,5	21,3	7,5	42	8,5	7,25
	%		0,33	0,1		0,31	0,11		0,63	0,21		0,17	0,17		0,5	0,18		0,2	0,17

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

Anexo 1.3. Resultados de colonización en la Zona 3 (Prado Sevilla Santa Marta, Magdalena).

ZONA 3																			
FINCA 1	REP	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3			MUESTRA 4			MUESTRA 5			MUESTRA 6		
		CONT	HMA	HSO															
FINCA 1	A	38	17	14	35	12	3	33	28	15	35	22	6	30	22	14	40	10	3
	B	40	16	14	25	11	3	40	24	18	41	39	38	35	1	4	35	12	7
	C	35	13	10	40	15	5	35	15	6	30	5	1	25	13	3	28	11	5
	D	36	22	11	20	6	1	36	22	16	20	1	6	25	4	5	25	13	9
	PROM	37,25	17	12,3	30	11	3	36	22,3	13,8	31,5	16,8	12,8	28,75	10	6,5	32	11,5	6
%		0,46	0,33		0,37	0,1		0,62	0,38		0,53	0,4		0,35	0,23		0,36	0,19	
FINCA 2	A	25	7	7	35	24	19	31	12	10	30	26	10	43	18	11	15	8	6
	B	40	23	13	35	19	18	40	16	14	33	6	5	34	10	9	41	11	12
	C	41	17	16	30	15	11	35	15	11	40	17	11	44	10	6	40	6	6
	D	34	19	12	32	26	17	29	9	3	25	11	7	30	3	2	30	3	2
	PROM	35	16,5	12	33	21	16,3	33,75	13	9,5	32	15	8,25	37,75	10,3	7	31,5	7	6,5
%		0,47	0,34		0,64	0,49		0,39	0,28		0,47	0,26		0,27	0,19		0,22	0,21	
FINCA 3	A	53	46	36	35	17	17	35	25	6	36	22	6	37	18	4	36	31	17
	B	42	38	29	43	21	15	26	18	5	36	24	8	35	24	15	36	34	21
	C	35	25	14	52	26	22	29	20	7	25	16	4	30	17	10	31	22	13
	D	42	34	23	37	20	9	42	29	9	35	21	16	30	14	11	46	37	20
	PROM	43	35,8	25,5	41,75	21	15,8	33	23	6,75	33	20,8	8,5	33	18,3	10	37,25	31	17,8
%		0,83	0,59		0,5	0,38		0,7	0,2		0,63	0,26		0,55	0,3		0,83	0,48	
FINCA 4	A				40	9	8	30	22	11	36	11	4	31	15	6	35	12	7
	B	35	13	3	40	24	18	34	34	22	30	8	2	35	23	9	32	24	12
	C	27	11	12	35	10	3	34	28	22	35	5	2	36	27	11	30	14	3
	D	40	16	12	40	6	7	30	29	16	20	6	7	34	22	7	37	24	8
	PROM	34	13,3	9	38,75	12,3	9	32	28,3	17,8	30,25	7,5	3,75	34	21,8	8,25	33,5	18,5	7,5
%		0,39	0,26		0,32	0,23		0,88	0,55		0,25	0,12		0,64	0,24		0,55	0,22	

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

Anexo 2: Tablas de resultados análisis físico-químicos.

Anexo 2.1. Resultados análisis físico-químicos en la Zona 1 (La Vega y Albán, Cundinamarca).

ZONA	FINCA	M	ARN	LIM	ARC	Ph	C. O.	C.I.C.	Ca	Mg	K	Na	P. D.	P. T.	H. M.
Z1	CAMPO ALEGRE	1	55	28,6	16,4	4,5	10	46,4	0,55	0,29	0,79	0,33	29,9	924	33,53
Z1	CAMPO ALEGRE	2				4,1	10,9	47	0,76	0,41	0,64	0,15	21,3	770	29,08
Z1	CAMPO ALEGRE	3	47,4	32,4	20,2	4,3	5,9	30,5	0,92	0,57	0,78	0,18	177	954	30,28
Z1	CAMPO ALEGRE	4				4,8	8	27,8	4,1	1,3	0,81	0,14	18,3	680	31
Z1	CAMPO ALEGRE	5	49,8	28	22,2	4,2	6	31,9	0,49	0,22	0,46	0,11	31,5	790	34,2
Z1	CAMPO ALEGRE	6				4,2	5,6	28,9	1,6	0,34	0,86	0,15	52,6	1060	26,53
Z1	EL RECUERDO	1	57,8	27,6	14,6	4,3	10,1	59,9	4,2	1,6	2,4	0,77	781	2250	24,76
Z1	EL RECUERDO	2	22,6	53	24,1	3,8	3,3	27	1,5	0,68	1,3	0,63	446	1566	26,1
Z1	EL RECUERDO	3	53,6	29,7	16,7	4,7	7,8	46,1	1,5	0,48	0,76	0,11	17,3	950	21,11
Z1	EL RECUERDO	4	48,1	33,4	18,5	4,9	6	38,6	1,8	0,82	0,78	0,17	14,2	430	11,89
Z1	EL RECUERDO	5	56	29,5	14,5	4,5	7,8	50,6	2,1	1,2	2	0,59	52,2	1198	20,6
Z1	EL RECUERDO	6	48,5	37,2	14,3	5,1	4,7	41,9	1,5	0,74	0,74	0,25	11,6	246	15,74
Z1	LOS BOHIO, ROSAS Y SERAFINES	1	25,7	35	39,3	5,3	3,2	40,6	4,5	0,9	1,2	0,26	40,3	2820	28,8
Z1	LOS BOHIO, ROSAS Y SERAFINES	2	36,3	25,3	38,4	5,3	10	62,7	7,6	1,5	1,9	0,18	282	2465	38,4
Z1	LOS BOHIO, ROSAS Y SERAFINES	3	20,4	38,7	40,9	4,9	2,2	27,7	1,5	0,28	0,67	0,2	13,4	550	22,68
Z1	LOS BOHIO, ROSAS Y SERAFINES	4	19,3	33	47,7	4,9	5,9	44,8	5,4	0,95	1,2	0,14	26,3	1014	30,87
Z1	LOS BOHIO, ROSAS Y SERAFINES	5	17,6	41,2	41,2	5	2,4	27,9	4,2	1,6	0,54	0,74	145	734	20,82
Z1	LOS BOHIO, ROSAS Y SERAFINES	6	19,1	37,3	43,6	5,2	6,1	39,3	5,9	1,5	1,3	0,31	363	2455	26,22
Z1	SAN ENRIQUE	1	17,7	34,6	47,7	6,4	6,1	46	10,4	2,4	2,2	0,44	256	1590	30,7
Z1	SAN ENRIQUE	2	17,8	30,7	51,5	4,8	4,4	35,8	4,2	0,94	0,58	0,17	46,5	1500	32,67
Z1	SAN ENRIQUE	3	24,1	28,5	47,4	4,6	5,3	38,4	2,1	0,77	0,58	0,12	57,8	1426	24,83
Z1	SAN ENRIQUE	4	29,5	32,9	37,6	5	6,5	38,3	1,5	0,31	0,42	0,13	23,1	1660	31,57
Z1	SAN ENRIQUE	5	29,5	29	41,5	4,9	5,4	34,7	2,1	0,54	0,5	0,19	99,1	2415	28,59
Z1	SAN ENRIQUE	6	18,9	30	51,1	4,9	3,5	28,7	3,3	0,81	0,8	0,15	48,6	1080	21,54

M: muestra; **ARN:** Arena. **LIM:** Limo; **ARC:** Arcilla; **Ph:** potencial de hidrogeno; **C. O.:** Carbono Orgánico; **C. I. C.:** Capacidad de Intercambio Catiónico; **Ca:** Calcio; **Mg:** Magnesio; **K:** Potasio; **Na:** Calcio; **P. D.:** Fósforo Disponible; **P. T.:** Fósforo Total; **H. M.:** Porcentaje Humedad de la Muestra.

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

Anexo 2.2. Resultados análisis físico-químicos en la Zona 2 (Chicorodo y Apartado Urabá, Antioquia).

ZONA	FINCA	M	ARN	LIM	ARC	Ph	C. O.	C.I.C.	Ca	Mg	K	Na	P. D.	P. T.	H. M.
Z2	MAKAIRA	25	36,2	44	19,8	4,4	0,93	18,2	3,7	1,1	1,9	0,25	160	675	23,68
Z2	MAKAIRA	26	58,9	27,5	13,6	5	0,47	15,8	3,8	0,83	1,2	0,3	70	458	19,48
Z2	MAKAIRA	27	28	48,1	23,9	4,4	0,75	18,6	2,6	1,3	2	0,36	31,5	497	21,36
Z2	MAKAIRA	28	30,2	47,9	21,9	5,5	0,82	17,4	3,2	1,5	2,1	0,32	21,8	329	25,55
Z2	MAKAIRA	29				5,3	0,94	17,8	3,8	0,68	2,1	0,15	292	1072	19,06
Z2	MAKAIRA	30	38,1	46,1	15,8	5,3	0,73	20	4,9	1,6	1,4	0,22	51,1	461	26,27
Z2	LAS VICTORIAS	31	44,2	31,8	24	7,7	1,3	22,9	19,2	1,9	2,1	0,29	135	693	23,3
Z2	LAS VICTORIAS	32	11,8	40,8	47,4	4,8	1,4	31,2	6,2	1,6	1,8	0,55	20,9	603	35,3
Z2	LAS VICTORIAS	33	25,1	39,7	35,2	5,6	1,1	28,8	6,7	2,6	1,9	0,41	168	509	25,1
Z2	LAS VICTORIAS	34	40,3	39,2	20,5	6	1,2	20,9	4,5	1,9	2,1	0,3	33,3	359	24
Z2	LAS VICTORIAS	35	11,8	38,2	50	5,2	1,8	35,8	4,6	1,4	2,2	0,55	177	1142	32,87
Z2	LAS VICTORIAS	36	13,4	42,6	44	4,3	0,97	32,6	5,4	1,5	1,3	0,33	144	822	30,14
Z2	LAS VEGAS	37	11,6	39	49,4	4,4	1	32,2	4,1	1,7	2	0,27	50,5	802	31,24
Z2	LAS VEGAS	38	27,4	44,5	28,1	4,3	0,59	21,7	3,1	1,4	2,4	0,18	64,3	550	25,3
Z2	LAS VEGAS	39	31,3	36,4	32,3	4,6	0,95	23,5	3,3	1,5	2,4	0,58	41,9	631	27,2
Z2	LAS VEGAS	40	11,8	38,3	49,4	4,6	1,1	31,9	6	1,6	1,2	0,3	33,1	442	27,35
Z2	LAS VEGAS	41	12,2	42,2	45,6	5,2	2	33,6	4,5	1,7	2,2	0,16	70,1	783	33,7
Z2	LAS VEGAS	42	12,6	50,3	37,1	5,3	1,2	25,9	5,2	1,6	1,7	0,37	61,5	409	27,27
Z2	DALLAS	43	32,9	49	18,1	4,8	1,3	22,5	4	1	2,1	0,24	124	998	26,27
Z2	DALLAS	44	37,3	48,8	13,9	5	0,58	19,7	4,8	1,3	2	0,22	82,4	537	21,88
Z2	DALLAS	45	41,4	42,6	16	5,1	0,71	19,4	4,4	1,1	1,5	0,18	51,2	453	20,5
Z2	DALLAS	46	33,4	52,7	13,9	4,5	0,83	20,6	3,6	1,4	2,1	0,27	81,4	697	23,7
Z2	DALLAS	47	37,2	46,8	16	4,5	1,1	21,8	3,6	1,2	1,4	0,41	91,6	771	26
Z2	DALLAS	48	24,4	53,4	22,2	5,7	1,6	24,2	6,1	1,5	4,1	0,3	84,6	685	26,8

Relación entre la colonización por hongos oscuros septados, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presenten en cultivos de banano (*Musa paradisiaca* L.).

Anexo 2.3. Resultados análisis físico-químicos en la Zona 3 (Prado Sevilla Santa Marta, Magdalena).

ZONA	FINCA	M	ARN	LIM	ARC	Ph	C. O.	C.I.C.	Ca	Mg	K	Na	P. D.	P. T.	H. M.
Z3	LA LORENA	49	37	44,9	18,1	6,2	2,1	16,4	4,6	1,9	0,87	0,55	411	924	19,9
Z3	LA LORENA	50	35,7	42,4	21,9	7,4	2,7	20,1	7,6	2	1	0,4	459	1088	25,92
Z3	LA LORENA	51	26,9	51,1	22	5,5	1,3	14,5	4	1,6	0,59	0,8	145	1040	20,54
Z3	LA LORENA	52	14,9	63,2	21,9	6	2	20,2	4,9	1,3	1,2	1	105	1036	25,75
Z3	LA LORENA	53	23	49	28	5,7	1,2	15	4,8	1,5	0,46	0,69	44,6	638	21,08
Z3	LA LORENA	54	25,1	52,9	22	5,9	2,1	19,2	5,7	1,4	0,71	0,72	9,7	776	23,51
Z3	LA MARCELA	55	45,9	42,2	11,9	7,4	1,7	15,6	5,6	1,8	1	0,39	218	910	17,17
Z3	LA MARCELA	56	40	42,2	17,8	6,6	2	19,2	5,3	2,9	0,65	1,3	231	752	15,44
Z3	LA MARCELA	57	33,4	42,6	24	5,2	1,9	22,6	4,7	1,9	0,37	0,43	213	1062	17,85
Z3	LA MARCELA	58	47,5	42,6	9,9	5,6	1,3	11,7	3,6	1,5	0,66	0,63	50,3	700	10,9
Z3	LA MARCELA	59	64,2	28	7,8	6,7	1,2	11,1	2,9	2	0,52	0,33	107	856	15,47
Z3	LA MARCELA	60	54,3	35,9	9,8	6,5	1,6	14,6	4,4	1,9	0,68	0,35	114	810	14
Z3	PUERTO CARREÑO	61	54,1	38,1	7,8	7,4	1,5	12,7	4,9	1,7	1,1	0,55	81,6	928	20,36
Z3	PUERTO CARREÑO	62	50,6	41,6	7,8	6,2	1,5	14,1	4,4	1,1	0,17	0,69	37,4	888	21,46
Z3	PUERTO CARREÑO	63	42,7	47,5	9,8	7,7	1,4	11,9	8,5	1,9	0,26	1,9	70,8	868	17,38
Z3	PUERTO CARREÑO	64	19,8	64,4	15,8	8,3	1,8	16,5	6,7	3,8	0,85	1,1	530	1500	23,98
Z3	PUERTO CARREÑO	65	27,8	58,3	13,9	8	1,5	15,4	8,8	2,5	0,51	1,3	270	1100	23,3
Z3	PUERTO CARREÑO	66	42,4	51,8	5,8	8	1,3	12,7	8,2	1,9	0,74	0,73	469	1770	21,6
Z3	LA ELOISA	67	42,6	45,6	11,8	5	1,6	16,7	3,6	1,1	0,98	0,35	59,1	1096	21,4
Z3	LA ELOISA	68	50,6	39,6	9,8	4,4	1,5	12,3	1,7	0,53	0,63	0,29	66,5	856	26,47
Z3	LA ELOISA	69	52,6	39,6	7,8	3,9	1,1	9,9	1,1	0,48	0,73	0,31	107	713	14,57
Z3	LA ELOISA	70	38,8	51,5	9,7	4,9	2,5	19,8	5,1	1,2	0,76	0,34	70,1	924	16,4
Z3	LA ELOISA	71	62,3	29,9	7,8	5	2,1	13,6	3,2	1,1	1,5	0,27	300	1076	21,38
Z3	LA ELOISA	72	42,7	45,5	11,8	6,2	2,6	22,2	5,4	1,9	0,7	0,34	358	1150	25,1