

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**DETERMINACIÓN DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE LOS HONGOS
MICORRIZICOS ARBUSCULARES (HMA) EN LA RIZOSFERA DE *Agave
aspérrima* EN LA RESERVA MUNICIPAL SIERRA Y CAÑÓN DE JIMULCO**

POR

FÁTIMA CAROLINA LUNA ÁVILA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DETERMINACIÓN DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE LOS HONGOS
MICORRIZICOS ARBUSCULARES (HMA) EN LA RIZOSFERA DE *Agave*
aspérrima EN LA RESERVA MUNICIPAL SIERRA Y CAÑÓN DE JIMULCO

POR

FÁTIMA CAROLINA LUNA ÁVILA

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:


M.C. GENOVEVA HERNÁNDEZ ZAMUDIO

ASESOR:


DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO

ASESOR:


M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES

ASESOR:


M.C. LUZ MARÍA PATRICIA GUZMÁN CEDILLO


DR. MA. TERESA VALDÉS PEREZGASGA
COORDINADORA INTERINA DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DETERMINACIÓN DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE LOS HONGOS
MICORRIZICOS ARBUSCULARES (HMA) EN LA RIZOSFERA DE *Agave*
aspérrima EN LA RESERVA MUNICIPAL SIERRA Y CAÑÓN DE JIMULCO

POR

FÁTIMA CAROLINA LUNA ÁVILA

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

APROBADA POR

PRESIDENTE:


M.C. GENOVEVA HERNÁNDEZ ZAMUDIO

VOCAL:


DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO

VOCAL:


M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES

VOCAL SUPLENTE:


M.C. LUZ MARÍA PATRICIA GUZMÁN CEDILLO


DR. MA. TERESA VALDÉS PEREZGASGA
COORDINADORA INTERINA DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por darme el entendimiento y la paciencia, la fuerza necesaria para seguir adelante en los momentos difíciles y en los momentos buenos, por permitir a mi familia seguir junta y unida como hasta el momento, ahora disfrutando de este logro todos juntos.

A mis Padres: Por dame la vida, su amor incondicional, por educarme y enseñarme los valores necesarios en esta vida y esa confianza que siempre han depositado en mí, ese ejemplo de amor, a nosotros sus hijos y de su amor por la vida infinitamente agradecida con ustedes mi ejemplo de vida y superación, quienes me han enseñado que todo sacrificio tiene su recompensa los amo y siempre los extraño mucho.

A mis Hermanos: Juan Francisco, Martin Alberto, por brindarme su apoyo en cada momento que lo requerí, confiar en mí siempre y escucharme, son mis hermanos mayores a quienes siempre les viviré agradecida todo lo que han hecho por mí y mis padres. A mi hermanito Oswaldo Noé eres el más pequeñito pero sabes que siempre fue hermoso cuidar de ti, gracias por siempre apoyarme y echarme porras cuando lo necesite, los quiero a los tres siempre están en mi memoria y me siento agradecida y orgullosa de cada uno de mis lindos hermanos.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: Mi segunda casa por más de 4 años, por ser el lugar donde aprendí cosas que me formaron como persona y donde adquirí el conocimiento necesario para llegar a donde estoy.

M.C. Genoveva Hernández: Le agradezco su confianza, comprensión, y sobre todo su paciencia durante el tiempo en que fue mi maestra y durante el trabajo de investigación orientándome siempre escuchándome y dando los consejos necesarios.

Dr. Jesús Vásquez Arroyo: Por su colaboración, y todos sus consejos a lo largo de la carrera, como mi tutor durante mi estancia por la UAAAN-UL.

M.C. Luz Ma. Patricia Guzmán Cedillo y M.C. Gerardo Zapata Sifuentes: como mis maestros durante mi formación profesional y sus consejos así como por su apoyo.

José Luis Martínez Santiago: Por tu amor incondicional, esa confianza y tu apoyo infinito en todo momento, porque más que mi novio eres mi amigo. Por tenerme tanta paciencia siempre y enseñarme a verle el lado bueno a todo y contagiarme siempre tu sonrisa.

DEDICATORIA

A Dios: Por permitir llegar a mi meta que me propuse hace más de 4 años y seguir siempre aquí junto a mí como siempre.

A mis padres Juan Pedro Luna Ávila y María de la Luz Ávila: Quienes se aventuraron junto conmigo en este proyecto de vida, por su amor, cariño, confianza y estar siempre junto a mí festejando mis triunfos y mis tristezas para lo cual tienen siempre las palabras precisas para alegrarme este logro es de ustedes.

Mis Hermanos; Juan Francisco, Martín Alberto y Oswaldo Noé, juntos siempre como lo que somos hermanos de sangre siempre en las buenas y malas, este logro es por llegar juntos siempre a donde no lo proponemos siempre los quiero y es también por ustedes que soy lo que soy ahora.

José Luis Martínez Santiago; Por tu apoyo siempre y darme ánimos cuando lo necesite escucharme siempre que ocupe un consejo, tu amor, alegría a cada momento siempre.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	iii
Índice de cuadros	v
Índice de figuras	v
RESUMEN	vii
ABSTRAC	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.2. HIPÓTESIS	4
II.- LITERATURA REVISADA	5
2.1 MICORRIZAS	5
2.1.1 Conceptos Generales	5
2.2 Clasificación de Micorrizas	5
2.3 Distribución Universal	9
2.4 Micorrizas Arbusculares (MA)	10
2.5. HMA en Ecosistema	13
2.6 PRESENCIA DE HMA Y PARÁMETROS ECOLÓGICOS EN LA COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE HMA	14
2.6.1 Comunidades Vegetales de Interés	14
2.6.2 Áreas Naturales Protegidas	16
2.7. Medición de Riqueza Específica	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1 Área de Estudio	19
3.2 Sitio de Muestreo	21
3.3 Diseño de la Muestra	21
3.4 Propiedades Físicas y Químicas del Suelo	22
3.5 Aislamiento HMA-Esporas e identificación	23
3.6 Porcentaje de Micorrización	23
IV. RESULTADOS	25
4.1 PROPIEDADES DEL SUELO	25

4.2 Porcentaje de Micorrizacion en raíz de <i>Agave aspérrima</i>	25
4.3 Géneros de especies y ubicación taxonómica	26
4.3.1 Zona núcleo B	26
4.3.3 Zona núcleo C	32
4.5 Riqueza Específica	37
4.5.1 Índice de Diversidad de Margalef	37
V. DISCUSIÓN	38
VI. CONCLUSIÓN	40
VII. LITERATURA CITADA	41

Índice de cuadros

Cuadro 1.- Georreferencias de puntos de muestreo en las zonas núcleo de la Reserva Ecológica Sierra y Cañón de Jimulco.....	27
Cuadro 2: Análisis Físicos y Químicos de las muestras obtenidas de la rizósfera de <i>Agave asperrima</i> de las dos áreas núcleo.....	28
Cuadro 3: Relación de esporas identificadas por géneros en 11 muestras de 100 g suelo en la rizosfera de <i>Agave aspérrima</i> en zonas núcleo B de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco.....	29
Cuadro 4: Relación de esporas identificadas por géneros en 4 muestras de 100 g suelo en la rizosfera de <i>Agave aspérrima</i> en zonas núcleo C de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco.....	35

Índice de figuras

Figura1: Esquema de los diferentes tipos de micorrizas.....	10
Figura 2: Zonificación de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco.....	24
Figura 3: Esporas del género <i>Acauloespora</i> aisladas de la rizosfera de <i>Agave aspérrima</i> en la zona núcleo B a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila F. C.	30

Figura 4: Esporas del género *Entrophospora* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo B a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C.....31

Figura 5: Esporas del género *Gigaspora* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo B a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C.....32

Figura 6: Esporas del género *Glomus* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo B a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C.....33

Figura 7: Esporas del género *Sclerocystis* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo B a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C.....34

Figura 8: Esporas del género *Acauloesporas* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C.....36

Figura 9: Esporas del género *Entrophospora* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C.....37

Figura 10: Esporas del género *Gigaspora* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C.....38

Figura 11: Esporas del género *Glomus* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C.....38

Figura 12: Esporas del género *Sclerocystis* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C.....39

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en las zonas núcleo B y C, de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulc6, del municipio de Torre6n, Coahuila, con el objetivo de identificar la diversidad morfol6gica de los Hongos Micorrizicos Arbusculares (HMA) en la rizosfera de *Agave asp6rrima* que crecen en el matorral xer6filo de las 6reas n6cleo, muestre6ndose 15 plantas, determinando la dominancia en g6neros, porcentaje de Micorrizaci6n y el 6ndice de Margalef. Se colecto 500 g de suelo correspondiente a cada muestra, proces6ndolas para la obtenci6n de esporas mediante el m6todo de decantaci6n y tamizado. Del mismo modo se colecto raicillas delgadas para la determinaci6n de porcentaje de micorrizaci6n. Se realiz6 el an6lisis f6sico-qu6mico del suelo, para la determinaci6n de las propiedades del suelo para las zonas n6cleo donde se realiz6 el muestreo. La identificaci6n de las esporas fue por caracter6sticas morfol6gicas, obteni6ndose esporas de los g6neros *Acauloespora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus* y *Sclerocystis*, para ambas zonas n6cleo, una diversidad alta tomando en cuenta el tipo de vegetaci6n y clima. El g6nero *Entrophospra* fue el m6s dominante en cada zona, sin embargo el porcentaje de Micorrizaci6n fue nulo. La investigaci6n se llev6 a cabo en mayo. El 6ndice de Margalef, demuestra una diversidad media para la zona B y una diversidad alta para la zona C.

Palabras claves: Hongos Micorrizicos Arbusculares, *Agave asp6rrima*, Diversidad, Dominancia, 6ndice de Margalef.

ABSTRAC

This research was conducted in the core areas B and C of the Municipal Sierra Canyon Ecological Reserve and Jimulco, the municipality of Torreón, Coahuila, in order to identify the morphological diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the rhizosphere of asperrima *Agave asperrima* in the desert scrub of the core areas being sampled 15 plants, determining the gender dominance, percentage of mycorrhizal and Margalef index. 500 g of soil was collected corresponding to each sample, processing it to obtain spores by settling and screening method. Similarly for determining thin mycorrhization rate was collected rootlets. Physical-chemical soil analysis for the determination of soil properties for the core areas where sampling was performed was performed. The identification of spores was by morphological characteristics, obtained spores *Acauloespora* gender, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus* and *Sclerocystis* for both core areas, a high diversity taking into account the type of vegetation and climate. *Entrophospra* gender was the most dominant in each area, however the percentage of mycorrhizal colonization was nil. The research was conducted in May. Margalef index shows an average diversity for zone B and a high diversity for zone C.

keywords: Arbuscular mycorrhizal fungi, asperrima *Agave*, Diversity, Dominance, Margalef index.

I. INTRODUCCIÓN

Los Hongos Micorrícicos Arbusculares (HMA) forman asociaciones con la mayoría de las especies de plantas terrestres. Entre sus efectos beneficiosos, que mejoran el crecimiento y la nutrición de las plantas individuales, desde hace 400 millones de años existe esta simbiosis (Schüßler et al., 2001, Wang and Qiu, 2006).

Son simbioses obligados de las raíces de plantas, de las cuales obtienen todo su carbono mientras que entregan una serie de beneficios a la planta tales como nutrientes minerales del suelo (principalmente Fosforo y Nitrogeno), la protege de agentes patógenos transmitidos por el suelo, de estrés hídrico, además de una mayor resistencia a los metales pesados y de contribuir a la formación y mantenimiento de la estructura del suelo (Fuentes, Pérez et al. 2011; Sosa, Sánchez et al. 2006; Beaudet Nadimi et al. 2013; (Smith and Read, 2008) Sykorova, Borstler et al. 2011; (Gianinazzi et al., 2010).

Promoviendo así la producción de la planta y mejorando la sustentabilidad de los agroecosistemas (Wilson et al., 2012). Es importante determinar el potencial de las micorrizas y la diversidad de los HMA para entender el papel de estos y planificar acciones que los involucre en los ecosistemas degradados y extremos (Requena et al., 1996). La diversidad vegetal y la productividad de los agroecosistemas se ve influido significativamente por la diversidad de los HMA en el suelo (van der Heijden et al., 1998). Los cambios en la diversidad de los HMA tienen consecuencias ecológicas significativas. Las especies individuales o los consorcios micorrizicos tienen diferentes potenciales para estimular el crecimiento

de las plantas y las diferentes adaptaciones para ser frente a los factores bióticos y abióticos adversos (Jeffries et al., 2003)

Hasta el 2 de enero de 2013 se habían descrito 241 morfoespecies en el mundo de este phylum, sin embargo México a pesar de que se reconocen los beneficios de esta asociación, la investigación es aún escasa, hasta julio de 2012 se han reportado solo 95 de estas especies, la taxonomía está siendo constantemente desarrollada, se están descubriendo nuevas especies y taxones superiores (Camargo-Ricalde Sara Lucía, 2012) (Kruger, 2012)

Estudio realizado en todos los continentes excepto la Antártida Öpik et al (2012) registraron un total de 204 morfoespecies de HMA. En el estado de Oaxaca, México el estudio realizado en *Agave potatorum* en un ecosistema semiárido se encontró 20 morfoespecies de HMA, las cuales se tiene la necesidad de proteger con el fin de conservar estas poblaciones (Carballar-Hernández, S., 2012). En el estado de Sonora, México, (Ochoa-Meza Andres, 2009) reportó la presencia de las micorrizas arbusculares en el medio silvestre *Agave angustifolia*, se identificaron 32 morfoespecies de HMA colonizan la planta.

La Identificación de HMA eficientes bajo condiciones de estrés frecuente durante las diferentes estaciones del año, en estos ecosistemas semiáridos es esencial para comprender la dinámica de las poblaciones de los hongos en el entorno para entender el papel de HMA en la conformación de la estructura y de las comunidades vegetales, la información sobre la diversidad y distribución son necesarias. Sin embargo la información sobre el conocimiento distribución abundancia de la especies sigue siendo escasa es por ello que el presente trabajo

tiene el objetivo de determinar la diversidad morfológica de los Hongos Micorrizicos Arbusculares presentes en la rizosfera de las plantas de Agave aspérrima que crecen en el matorral xerófilo de las áreas núcleo de la Reserva Municipal Sierra y Cañón de Jimulcó.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la diversidad morfológica de los Hongos Micorrizicos Arbusculares presentes en la rizosfera de las plantas de Agave aspérrima que crecen en el matorral xerófilo de las áreas núcleo de la Reserva Municipal Sierra y Cañón de Jimulcó.

1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar el porcentaje de Micorrización en raíz de Agave aspérrima para el área núcleo “B” y “C”.
- ✓ Determinar la diversidad morfológica de la esporas HMA en la rizosfera de Agave aspérrima para el área núcleo “B” y “C”.

1.2. HIPÓTESIS

En las áreas núcleo de la Reserva Municipal, Sierra y Cañón de Jimulcó existe una gran diversidad de géneros de Hongos Micorrizicos Arbusculares, puesto que son zonas libres de contaminación y perturbación alguna que afectan las comunidades de estos.

II.- LITERATURA REVISADA

2.1 MICORRIZAS

2.1.1 Conceptos Generales

Las micorrizas son asociaciones de ciertos hongos del suelo y las raíces de las plantas (Guerra, 2008). El término micorriza (del griego *mykes*, hongos, y *rhiza*, raíz) fue utilizado por primera vez en 1885 por Frank, patólogo forestal alemán, para describir un fenómeno común que observó en las raíces de ciertos árboles de los bosques templados de Norteamérica (Aguilera et al., 2007). El 90% de las plantas que crecen sobre la tierra están micorrizadas (Smith and Read, 2008), y esta ubicuidad es probablemente una consecuencia de su carácter ancestral y la coevolución de los dos socios (plantas y hongos) (Perez et al., 2009)

Las micorrizas desarrollan múltiples funciones en las plantas, promueven el crecimiento, desarrollo y nutrición, mejoran la tolerancia al estrés hídrico y agentes, contribuyen a disminuir el proceso de erosión, un importante factor biológico dentro de la estructura y funcionamiento de los suelos. Inciden sobre el comportamiento ecológico, productividad y composición de comunidades vegetales naturales, así como de cultivos agrícolas y plantaciones forestales

(Perez et al., 2009, Barcenas, 2007)

2.2 Clasificación de Micorrizas

La clasificación actual fue propuesta por Harley y Smith en 1983, y fue refrendada por Smith y Read en 1997. Reconoce siete diferentes tipos de micorriza,

considerando tanto sus características estructurales como el grupo taxonómico del hongo o la planta involucrada y las alteraciones morfológicas que experimentan las partes en el desarrollo de la nueva estructura (Andrade - Torres, 2010).

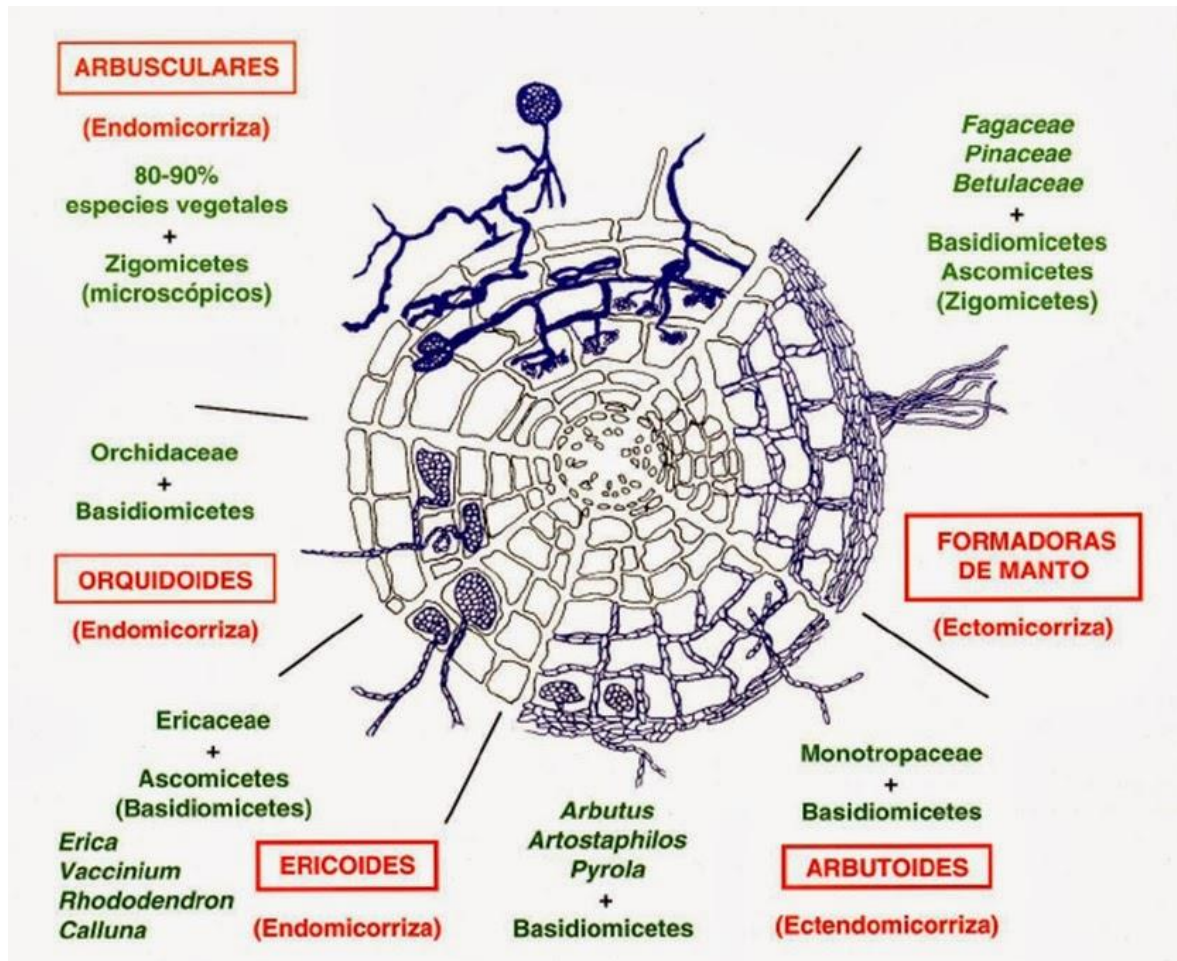


Figura 1: Esquema de los diferentes tipos de micorrizas (Olsson et al., 1997)

2.2.1 Entomicorriza

Se Caracteriza por la presencia de tres estructuras básicas: una Capa o manto de tejido fúngico que envuelve las raíces, donde los hongos que la conforman pueden ser cigomicetes, ascomicetes, basidiomicetes y deutromicetes u hongos anamorficos (Villegas and Cifuentes, 2004). Las hifas de un hongo penetran las

raíces secundarias de la planta para desarrollarse, rodeando las células de la corteza radical, y forman una trama intercelular denominada *red de Hartig*, además de una capa de *micelio* (conjunto de hifas que constituyen el cuerpo o *talo* del hongo) en la parte exterior de la raíz, llamada *manto*. Como resultado de este proceso, se forma una nueva estructura que puede ser reconocida y clasificada, denominada *morfotipo ectomicorrícico* ectomicorrícica” se refiere al arreglo y organización de los tejidos fúngicos (del hongo) en la raíz, mientras que los *morfotipos* son la caracterización completa de las estructuras ectomicorrícicas en la raíz (Andrade - Torres, 2010).

2.2.2 Endomicorrizas

Los hongos que las producen se caracterizan por colonizar intracelularmente el córtex radical o sea que no hay manto externo que pueda verse a simple vista. Las hifas se introducen inicialmente entre las células de la raíz, pero luego penetran en el interior de éstas, formando vesículas alimenticias y *arbúsculos*. Por ello este grupo se las conoce también como **micorrizas vesículo-arbusculares (MVA)** los cuales constituyen la simbiosis más extendida sobre el planeta (Andrade - Torres, 2010).

2.2.3 Orquidoídes o Micorrizas de Ovillo

Son micorrizas de orquídeas, los cuales son imprescindibles para su desarrollo y vida juvenil. Una vez que la planta crece y fotosintétiza, cuando está en la fase adulta generalmente se independiza del hongo (Andrade - Torres, 2010)

2.2.4 Ericoides

Son de tipo más sencillo y simple con raíces muy simples e hifas que penetran en las células para formar ovillos (Andrade - Torres, 2010)

2.2.5 Ectendomicorriza

Presentan características intermedias entre las *Ectomicorrizas* y las *Endomicorrizas*, pues presentan manto externo, como las *ectomicorrizas*, pero también penetran en el interior de las células, como las *endomicorrizas* y no existen vesículas ni arbusculos. Este grupo se presenta tanto en *Basidiomycota* como *Ascomycota* y son más abundantes en angiospermas que en gimnospermas. Su distribución es restringida (Andrade - Torres, 2010)

2.2.6 Arbutoides

Presenta un manto externo junto con hifas que penetran a las células para formar rulos (Andrade - Torres, 2010)

2.2.7 *Monotropoides*

La forma de penetración en las células es algo diferente, diferenciada apenas por la forma de penetración de las hifas a las células radicales (Andrade - Torres, 2010)

2.3 Distribución Universal

La distribución mundial de algunas especies de HMA podría ser un fenómeno reciente provocado por la actividad humana relacionada con la agricultura (Montaño and Alarcon, 2012).

Esta asociación se presenta en aproximadamente el 90% de las plantas, por lo que se ubica en todos los ecosistemas del mundo y, por lo tanto, en diferentes gradientes latitudinales. Además, es importante destacar que existen hongos que pueden encontrarse en varios tipos de suelo y climas, teniendo un patrón de distribución mundial, el cual indica que están, aparentemente, adaptados a diversos hábitats; no obstante, los factores físicos y químicos del suelo pueden restringir su distribución (Finlay, 2008, Perner et al., 2007), por lo que las asociaciones micorrícicas pueden considerarse cosmopolitas y generalistas. Sin embargo, dependiendo del ambiente y las especies interactuantes, los participantes pueden ser facultativos u obligados (Finlay, 2008).

Hasta el 2 de enero de 2013 se habían descrito 241 morfoespecies en el mundo de este phylum. Estudios realizados en todos los continentes excepto la Antártida (Opik and Moora, 2012) registraron un total de 204 especies de HMA.

2.4 Micorrizas Arbusculares (MA)

Las micorrizas arbusculares (MA) constituyen el tipo de simbiosis más ampliamente representado en la naturaleza. Se estima que están presente en el 95 % de las plantas principalmente Angiospermas, así como Gimnospermas, Briofitas y Pteridofitas (Andrade - Torres, 2010)

Las MA constituyen un grupo clave funcional de la biota del suelo que puede contribuir enormemente a la productividad de los cultivos y la sostenibilidad de los ecosistemas en las nuevas estrategias de producción de plantas (Gianinazzi et al., 2010).

2.4.1 Características Generales

La principal característica morfológica de estos hongos son los arbusculos, estructuras típicas de la colonización que el hongo desarrolla en el interior de las células de la corteza e la raíz por ramificación dicotómica repetida de sus hifas. Los HMA tienen la necesidad de encontrar y colonizar una raíz hospedera para poder continuar su crecimiento y completar su ciclo de vida, que culmina con la formación de nuevos propágulos viables (Martínez-García et al., 2011)

2.4.2 Formación de MA

Coloniza la raíz sin causarle perjuicio y desarrolla una red de micelio externo a la raíz, conecta la planta con los micro habitantes del suelo, extrae nutrientes y agua del mismo, induce cambios en la fisiología de la planta que la hacen más resistente a diferentes tipos de estrés ambiental (Smith and Read, 2008),

2.4.3 Tipos de Propágulos

El ciclo de vida de los hongos MA se inicia partiendo de los propágulos de estos hongos, que se mantienen en el suelo en forma de esporas, redes de micelio, o colonizando raíces o fragmentos de estas que permanecen en el suelo. Estos son los propágulos capaces de iniciar la formación de una nueva micorriza (Giovannetti, 2008) (Parniske, 2008).

2.4.4. EVOLUCIÓN Y ECOLOGÍA

El origen de los HMA es muy antiguo, se remonta a la existencia de un ancestro que desarrollo una estrategia de reconocimiento y unas estructuras que posibilitaron a infección de organismos autótrofos (Tehler, 2000).

Estudios y registro fósil datan el origen de la simbiosis en el Ordovícico (hace 480 millones de años aproximadamente) e indica que los HMA participaron en la colonización de las primeras plantas de los habitantes terrestres (Zamora Martinez Cristina, 2008).

La evolución conjunta la causa de una de las características principales de este tipo de hongos, su carácter de biotrofos. (Sánchez et al., 2009). Es una

consecuencia de su carácter ancestral y la coevolución de los dos socios (plantas y hongos) (García-Sánchez et al., 2012).

2.4.5. CLASIFICACIÓN Y FILOGENIA

La taxonomía de phylum Glomeromycota tradicionalmente ha estado basada en la morfología de las esporas. Los estudios de filogenia más completos están basados en ADNr, aún carece de información disponible de secuencias SSU ADNr por ello sugiere que la clasificación y filogenia basada en la caracterización morfológica deba ser información obtenida a través de las secuencias correspondientes (Sánchez et al., 2009).

2.4.6. Diversidad Taxonómica

Los estudios taxonómicos de los HMA se han basado en la morfología y apariencia de las esporas. Numerosas familias y géneros han sido distinguidos fundamentalmente por la unión de la hifa y el modo de formación de la espora, mientras que la identificación de la subestructura de las paredes de las esporas jugó un papel importante en la identificación de las especies (Pérez, Rojas et al., 2011). Schubler et al. (2001), propone la siguiente clasificación taxonómica actual de los HMA.

Dominio: Eukarya

Reino: Fungi

División: Glomeromycota

Clase: Glomeromycetes

Orden:

Familia

Archeosporales

Archaeosporaceae y Geosiphonaceae

Diversisporales
Gigasporaceae

Acaulosporaceae, Diversisporaceae y

Paraglomales

Paraglomaceae

Glomerales

Glomeraceae, Glomus-grupo A y Glomus tipo B

2.5. HMA en Ecosistema

En los ecosistemas y agroecosistemas, los HMA, son de gran importancia debido a que mediante la simbiosis las plantas pueden obtener nutrientes minerales del suelo, mejorar su tolerancia a estrese bióticos y abiótico. Aportar una contribución decisiva en los recursos y procesos de los ecosistemas naturales, que se denominan servicios de los ecosistemas. Los cuales son muy pertinentes en el mantenimiento de la calidad y estabilidad del suelo, sanidad vegetal, biofertilización bioprotección, biorregulación, incluyen productos como los alimentos y procesos como la transferencia de nutrientes (Gianinazzi et al., 2010).

El ecosistema, por debajo del suelo, como un todo se ve afectado por HMA. Estos hongos son importantes en el mantenimiento y la mejora de la estabilidad de los agregados del suelo. La agregación del suelo, es un aspecto importante de la estructura del mismo, que determina las características, tales como la tasa de flujo de entrada de agua, espacio de los poros, y la resistencia a la erosión. Radical Extra-HMA hifas mallas y atrapar las partículas del suelo, la estabilización de los agregados (Gianinazzi et al., 2010)

La problemática en estos ecosistemas áridos y semiáridos, es debido a la escasez de agua con frecuencia limita o impide la creación y el crecimiento de la planta, provoca la erosión y la desertificación de paisajes áridos y semiáridos (Caravaca, 2003, Barcenas, 2007)

Las funciones ecológicas clave que desempeñan en los suelos y las plantas de AM simbiosis, una comunidad diversa de HMA es necesaria para el desarrollo y mantenimiento de la diversidad vegetal (Estrada, 2013).

El éxito de plantas nativas en suelos degradados, tales como ecosistemas áridos y semiáridos, puede estar limitado por la baja densidad de propágulos, que

representan un factor significativo para la fertilidad del suelo por el que rige los ciclos de los principales nutrientes de las plantas (Caravaca, 2003)

Las micorrizas ayudan a las plantas a prosperar en condiciones áridas, aumentando el aporte de nutrientes a la planta (especialmente P) la mejora de la agregación del suelo en suelos erosionados y reducir el estrés de agua (Caravaca, 2003). La evaluación de la composición de las especies nativas es un tema importante como HMA juegan un papel importante en el vigor de las comunidades vegetales y la restauración de los ecosistemas perturbados (Estrada, 2013)

2.6 PRESENCIA DE HMA Y PARÁMETROS ECOLÓGICOS EN LA COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE HMA

2.6.1 Comunidades Vegetales de Interés

Las especies de interés son:

Maguey (*Agave aspérrima*):

2.6.1.1 Descripción General

Los Agaves son endémicos de América, su distribución abarca desde la región meridional de Estados Unidos de Norteamérica llegando hasta Centroamérica, incluido todo México. El mayor número de especies del género son originarias de nuestro país, de un total de 131 especies de Agaves 120 (91.6 %) son de distribución nacional y el 8.4 % restante son de regiones comprendidas en territorio de EUA, Guatemala, Belice, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá y unos cuantos países más al sur. En nuestro País se les ha descrito en casi todos los Estados (Verduzco-Martínez et al., 2008).

Plantas perennes con raíces fibrosas y poco profundas, sin tallo o con tallos cortos y gruesos, simples o ramificados, hojas grandes dispuestas en roseta, con frecuencia suculentas, en ocasiones el ápice con espina terminal, bordes enteros, provistos de dientes. Flores agrupadas en espigas, racimos o panículas. Semillas negras planas (Martínez, Velasco et. al., 2008).

2.6.1.2 Usos de maguey (Agave aspérrima)

Los magueyes (*Agave spp.*) en México tienen usos variados: alimento humano y del ganado, para producir aguamiel y bebidas fermentadas o destiladas, fibras, material para construcción y como medicamento; también se usan como cercos vivos y como cobertura viva para la retención del suelo, problema muy particular en los estados del norte del país; requiere bajos niveles de humedad y se adapta fácilmente a condiciones de extrema sequía, a suelos pobres y terrenos cerriles. Como también a bajas temperaturas (Castillo et al., 2007, Vazquez D. et al., 2011)

2.6.1.3 Taxonomía.

La clasificación taxonómica del Género *Agave* ha sido objeto de controversias debido a su gran variación fenotípica y genotípica incluso dentro de la misma especie y de una misma población (Verduzco-Martínez et al., 2008) el taxón *Agave* se ha ubicado en diferentes familias botánicas tales como: Liliaceae y Amaryllidaceae, Hutchinson (1934) propone orden Agavales con dos familias, Agavaceae y Xanthorrhoeaceae. Posteriormente Gentry (1982) dividió al género en dos subgéneros: *Littiaer* (Tagliabue) Baker y *Agave* L. (Castillo et al., 2007). La taxonomía a nivel de especie en muchos casos no es clara y resulta difícil definir el taxón (Verduzco-Martínez et al., 2008).

El ciclo vital es aproximadamente de 15 a 20 años, el cual inicia con la germinación de la semilla y el establecimiento de una plántula que va

desarrollando hojas laterales hasta llegar a floración, fructificación (Vazquez D. et al., 2011). Los magueyes son monocarpios semelparos, esto es, que solo tienen una floración al cabo de la cual la planta muere. Durante la reproducción sexual se producen gran cantidad de semillas, sin embargo hay mucha depredación, por lo que su reproducción es principalmente en forma asexual, por hijuelos generados a partir de yemas radicales (Robles, 2006).

2.6.2 Áreas Naturales Protegidas

Una Área Natural Protegida (ANP) es una porción del territorio (terrestre o acuático) cuyo fin es conservar la biodiversidad representativa de los distintos ecosistemas para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos y cuyas características no han sido esencialmente modificadas, son manejadas bajo el instrumento político con mayor definición jurídica para la conservación, regulando sus actividades bajo el marco normativo de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, estando sujetas a regímenes de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley (SEMARNAT, 2010).

Las ANP tienen como fin vigilar que el aprovechamiento de los recursos dentro de la zona se realice de manera sustentable, preservando la flora y fauna particular del ecosistema, permitir y propiciar la investigación y estudio de los ecosistemas con el fin de generar conocimiento y transmitir aquellas prácticas o tecnologías que permitan el aprovechamiento sustentable de los mismos y, a su vez, proteger el entorno de las zonas históricas, arqueológicas y turísticas de valor e importancia cultural y recreativa (SEMARNAT, 2010).

2.6.2.1 Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (rem-scj)

Esta Sierra se ubica geográficamente entre las coordenadas 25°06' - 25°23' N y 103°29' -103°07' W, Limita al N-E con el municipio de Viesca, Coah.; al S y al O con el Estado de Durango; con una superficie poco más de 64,000 ha y a una distancia aproximada de 75 km. de la ciudad de Torreón, Coah. (COAHUILA, 2002).

2.6.2.2 Características del Área

La Sierra de Jimulco, localizada al suroeste del estado de Coahuila de Zaragoza , es la región más extrema de la Sierra Madre Oriental, presentando algunas cimas del desierto Chihuahuense superiores a 3,100 msnm que originan ecosistemas diversos (Villarreal y Encina 2005; Sánchez et al. 2009). Gran porción de esta sierra, representa el 44.7% de la superficie total del municipio de Torreón, Coah. y se ha decretado como Reserva Ecológica Municipal “Sierra y Cañón de Jimulco” (Biodesert 2003) y ‘Montaña Prioritaria’ N° 61 (García 2006) por su amplia superficie protegida para la conservación y manejo sustentable de sus recursos naturales

La sierra presenta en conjunto tres ecosistemas vegetales elementales, 1) matorral, con tres modalidades, xerófilo, micrófilo y rosetófilo, 2) chaparral y 3) bosque de encino-pino. En los matorrales las especies más frecuentes son *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Parthenium incanum* y *Prosopis glandulosa*, así como *Agave lechuguilla* y *Dasyilirion cedrosanum*, incluyendo amplia diversidad de cactáceas. En el chaparral, comunidad representada principalmente por arbustos

esclerófilos, desarrollo vegetativo y coberturas densas, destacan las especies *Rhus virens*, *Mortonia greggi*, *Cercocarpus fothergilloides* ssp. *montanus*, *Purshia plicata*, *Lindleya mespilioides*, *Juniperus flaccida* y *Quercus* spp.; el bosque de encino-pino, es una asociación localizada en las cimas de la Sierra y en cañones húmedos y sombreados, cuyos representantes principales son *Pinus cembroides* y *Quercus* spp., (Rzedowski, 1978; Villarreal y Valdés, 1992-1993; Flores, 2002; Sánchez et al., 2009).

2.7. Medición de Riqueza Específica

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad. Esto es posible únicamente para ciertos taxa bien conocidos y de manera puntual en tiempo y en espacio. La mayoría de las veces tenemos que recurrir a índices de riqueza específica obtenidos a partir de un muestreo de la comunidad mediante el índice de Margalef (Moreno, 2001).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de Estudio

El estudio se realizara en las Áreas Núcleo De La Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón De Jimulco comprende una superficie de 60,458.26 hectáreas (SAGARPA, 2010). Esta Sierra se ubica geográficamente entre las coordenadas 25°06' - 25°23' N y 103°29' - 103°07' W, Limita al N-E con el municipio de Viesca, Coah.; al S y al O con el Estado de Durango; con una superficie poco más de 64,000 ha y a una distancia aproximada de 75 km. de la ciudad de Torreón, Coah. (Gob. Coahuila, 2002), el clima seco o estepario (BSO), cubre una superficie de 30% del área, ubicado en la parte central y el clima muy seco o desértico (BW) abracando el 70% del área, se presenta sobre sierras, valles y llanuras. El tipo Cw o templado y subhúmedo se presenta en las porciones más altas de la sierra. En general, el clima es extremo, con veranos muy calurosos y los inviernos fríos. La precipitación anual oscila entre 100 y 300 mm, es escasa durante la mayor parte del año, su promedio anual varía desde 146 hasta 632 mm. Las temperaturas medias fluctúan entre 10° y 18 °C (Vidal, 2005); sin embargo, es variable, desde -8 °C durante la época invernal en las partes más elevadas hasta 38 °C en el verano para las áreas con menor altitud (Alba, Castellón et al. 2011).

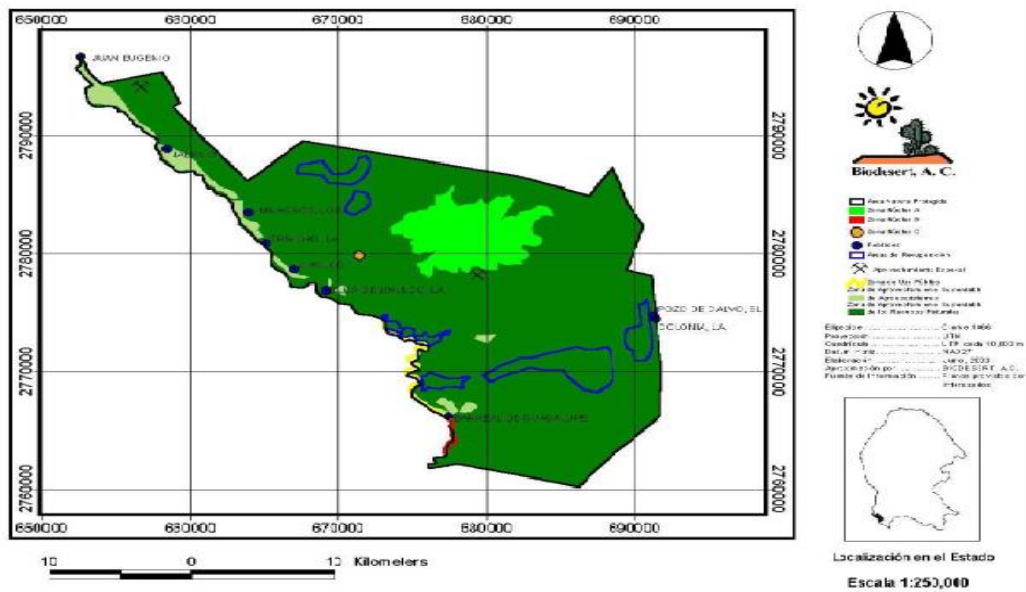


Figura 2.- Zonificación de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (Ramos C., 2013).

3.1.1 Vegetación

La sierra presenta en conjunto tres ecosistemas vegetales elementales, 1) matorral, con tres modalidades, xerófilo, micrófilo y rosetófilo, 2) chaparral y 3) bosque de encino-pino. En los matorrales las especies más frecuentes son *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Parthenium incanum* y *Prosopis glandulosa*, así como *Agave lechuguilla* y *Dasylyrion cedrosanum*, incluyendo amplia diversidad de cactáceas. En el chaparral, comunidad representada principalmente por arbustos esclerófilos, desarrollo vegetativo y coberturas densas, destacan las especies *Rhus virens*, *Mortonia greggi*, *Cercocarpus fothergilloides ssp. montanus*, *Purshia plicata*, *Lindleya mespilioides*, *Juniperus flaccida* y *Quercus spp.*; el bosque de encino-pino, es una asociación localizada en las cimas de la Sierra y en cañones húmedos y sombreados, cuyos representantes principales son *Pinus cembroides* y *Quercus spp.*, (Rzedowski, 1978, Villarreal and Valdés, 1992-1993, Flores, 2002, Sánchez et al., 2009). Se presentan zacatales que se desarrollan en valles con

suelos profundos o en laderas bajas, con frecuencia mezclados con otro tipo de vegetación.

3.2 Sitio de Muestreo

3.2.1 Zonas Núcleo

Comprenden aquellas áreas que por su diversidad, grado de conservación o por la presencia de especies bajo protección especial, deben ser consideradas como prioritarias para su protección (Figura 2).

3.2.1.1 Zona B

Con fundamento en la población de *Agave victoriae-reginae* T.Moore (noa) especie reportada en la NOM-059-ECOL 2010 como endémica y en peligro de extinción, el Cañón de la Cabeza, principalmente sus acantilados del lado oriental, conforman esta zona núcleo de la REM-SCJ. La cubierta es típica de matorral xerófilo, dominando nuevamente los crasirosulifolios con los géneros *Hechtia* y *Agave*, acompañados por cactáceas y otros elementos del matorral micrófilo (Biodesert, 2003).

3.2.1.2 Zona C

Esta es la zona núcleo de menor tamaño, se localiza a escaso un kilómetro del Ejido La Flor de Jimulco, por encima del sitio conocido como “Jimulquillo”. Su importancia radica en la considerable población de *Leuchtenbergia principis*, (palmilla de San Pedro, biznaga) especie endémica y amenazada de acuerdo a la NOM-059-ECOL 2001(SEMARNAT, 2010). Comprende unas 30 hectáreas de terrenos poco utilizados como agostadero (Biodesert, 2003).

3.3 Diseño de la Muestra

Se muestreo las 2 áreas núcleo correspondiente a la vegetación de matorral xerófilo de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco, para la

zona núcleo B se realizó 4 repeticiones de una sola especie; Maguey (Agave aspérrima), para la zona núcleo C un total de 11 muestras. Las muestras se recolectaron en estación primavera 2014, se almacenaron hasta su procesamiento con un total de 15 muestras.

Cuadro 1.- Georreferencias de puntos de muestreo en las zonas núcleo de la Reserva Ecológica Sierra y Cañón de Ji mulcó

Muestra	Georreferencias	
	Latitud Norte	Latitud Oeste
Jimulquillo Zona B		
1	02952960	00156948
2	02952961	00156948
3	02952954	00156942
4	02952658	00157991
Cañón Zona C		
1	02903557	00160391
2	02903544	00150318
3	02903535	00160357
4	02903533	00160407
5	02903504	00160306
6	02903423	00160271
7	02892251	00167118
8	02892237	00167070
9	02892236	00167106
10	02892228	00167085
11	02892232	00167159

3.4 Propiedades Físicas y Químicas del Suelo

El análisis de la textura del suelo implicado un fraccionamiento de tamaño de partícula por medio del método del hidrómetro (Bouyocus 1962). La conductividad eléctrica y el pH se midió con un medidor de pH de vidrio-electrodo en una 1: relación de suelo a agua 2,5 (w / v). El porcentaje de carbono orgánico (C) se determinó por el método húmedo-oxidación de Walkley y Negro (1934), mientras que el porcentaje total de N se midió por el método de micro-Kjedahl (Jackson

1967). La materia orgánica se estimó como el contenido de carbono multiplicado por el factor 1,72. El P disponible se ensayó por el método de Bray y Kurtz (1945) (Cabello, Barrera, Velázquez, 2013).

3.5 Aislamiento HMA-Esporas e identificación

Las esporas de HMA se extraerán de 100 g de suelo seco de la rizósfera de cada planta a muestrear. Se utilizará el método de tamizado en húmedo y decantación (Gerdemann and Nicolson, 1963), seguido por centrifugación en gradiente de sacarosa (Walker et al., 1982). Las esporas sanas se colocaran en una placa de Petri para la observación directa bajo un microscopio estereoscópico. Donde se separaran en base a sus características morfo-anatómicas. Para identificación, cada tipo de esporas se montará en polivinílico-ácido láctico-glicerina (PVLG) (Koske and Tessier, 1983) y PVLG 1: 1 (v / v) mezcla de reactivo de Melzer (Brundrett et al., 1999). La identificación se basará en los criterios taxonómicos aceptados actualmente para la estructura de tamaño, color, ornamentación superficial y la pared de la espora, siguiendo las claves disponibles en los sitios web de la Colección Internacional de Cultura (vesicular): Los hongos micorrícicos arbusculares (<http://invam.caf.wve.edu/>, 2014) Janusz Blaszkowski de la Universidad de Agronomía de Szczecin (/ , 2014) y la filogenia Glomeromycota, se realiza un conteo final de las esporas (<http://www.lrz-muenchen.de/schuessler/amphylo/>). 2014)

3.6 Porcentaje de Micorrización

Las raíces se lavaron cuidadosamente con agua del grifo y se cortaron en segmentos de 1 cm de largo. Acerca de 0,5 g segmentos de raíz se limpiaron en 10% (w / v) de KOH a 90 ° C en un baño de agua durante 60 min. Después de enfriar, las muestras de raíces se lavaron y se tiñeron con 0,05% (w / v) de azul de tripano (Gai et al., 2012). Las raíces clareadas y teñidas se colocaron en cajas

Petri con suficiente lactoglicerol. En un portaobjetos y utilizando agujas de disección se colocaron 20 segmentos de aproximadamente 1 cm de largo, paralelamente unos a otros. Sobre las raíces se adicionaron gotas de lactoglicerol, colocando posteriormente el cubreobjetos. Se eliminaron las burbujas de aire y cada laminilla se selló con esmalte transparente. Para realizar la evaluación de las estructuras morfológicas características de la micorriza arbuscular, se realizaron observaciones en el microscopio óptico a través del objetivo seco débil y seco fuerte; método empleado por Phillips y Hayman (1970). Para ello se efectuaron tres pasajes equidistantes por laminilla. Al revisar un campo óptico donde se encontraba un segmento que contenía hifas, vesículas o arbusculos, independientemente de la intensidad de micorrización, se le otorgó el valor de uno para la evaluación total y por estructuras (Phillips and Hayman, 1970).

IV. RESULTADOS

4.1 PROPIEDADES DEL SUELO

En el análisis de suelo (Cuadro 2), para las zonas núcleo B y C, los resultados obtenidos fueron; un pH ligeramente alcalino para ambas zonas. Conductividad Eléctrica muestra un rango ligeramente salino, la materia orgánica dentro de un rango mediano, por otro lado el Fosforo indica un nivel alto en las dos zonas. La capacidad de Intercambio Catiónico para ambas zonas se encuentra baja, sin embargo el porcentaje de Nitrógeno Total en la zona núcleo C presentó un rango bajo, mientras que para la zona núcleo B presento un rango medio.

Cuadro.- 2: Análisis Físicos y Químicos de las muestras obtenidas de la rizósfera de *Agave asperrima* de las dos áreas núcleo.

Parámetros	RESULTADOS OBTENIDOS	
	Zona B	Zona C
Textura	29.44	25.44
pH en extracto	7.86	7.88
Conductividad Eléctrica en extracto mS/cm	2.15	2.14
Materia Orgánica %	1.92	1.79
Nitrógeno Total %	0.11	0.08
Fósforo ppm	20.4	12.6
Capacidad de Intercambio Catiónico	9 MEQ	11MEQ

4.2 Porcentaje de Micorrizacion en raíz de *Agave asperrima*

El porcentaje de Micorrizacion se realizó con la técnica establecida por (Phillips and Hayman, 1970), en las raíces muestreadas en *Agave asperrima*, de las 11 muestras recolectadas en la zona B y 4 muestras de la zona C. La presencia de Micorrizacion fue nulo para ambas zonas núcleo de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulcó.

4.3 Géneros de especies y ubicación taxonómica

4.3.1 Zona núcleo B

Los géneros encontrados fueron *Acauloespora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus* y *Sclerocystis*. De los cuales con una mayor numero de esporas fueron el género *Entrophospora* con un total de 230 y el género *Sclerocystis* con 200 esporas, con menor número de esporas el género *Gigaspora* con un total de 80. (Cuadro 3). El género *Entrophospora* fue el que mayor abundancia tuvo pues se identificado en nueve de las once muestras, el género de menor abundancia fue *Gigasporas* en cinco de las once muestras analizadas. La muestra ocho fue en la que se obtuvo el mayor número de esporas 110, se encontraron tres de los cinco géneros identificados en la zona núcleo. El menor número de esporas se encontró en la muestra diez con un total de 30, en la que solo se encontró dos de los cinco géneros identificados.

Cuadro 3.- Relación de esporas identificadas por géneros en 11 muestras de 100 g suelo en la rizosfera de *Agave aspérrima* en zonas núcleo B de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulcó.

Muestras	<i>Acauloesporas</i>	<i>Entrophospora</i>	<i>Gigasporas</i>	<i>Glomus</i>	<i>Sclerocystis</i>	Total
1	40	20	10	-	10	80
2	30	10	-	10	50	100
3	10	-	-	-	10	20
4	-	40	30	10	-	80
5	-	30	-	-	10	40
6	30	10	20	20	-	80
7	10	10	-	40	20	80
8	-	50	-	20	40	110
9	-	30	10	30	10	80
10	-	-	10	20	-	30
11	10	30	-	-	50	90
Total	130	230	80	150	200	790

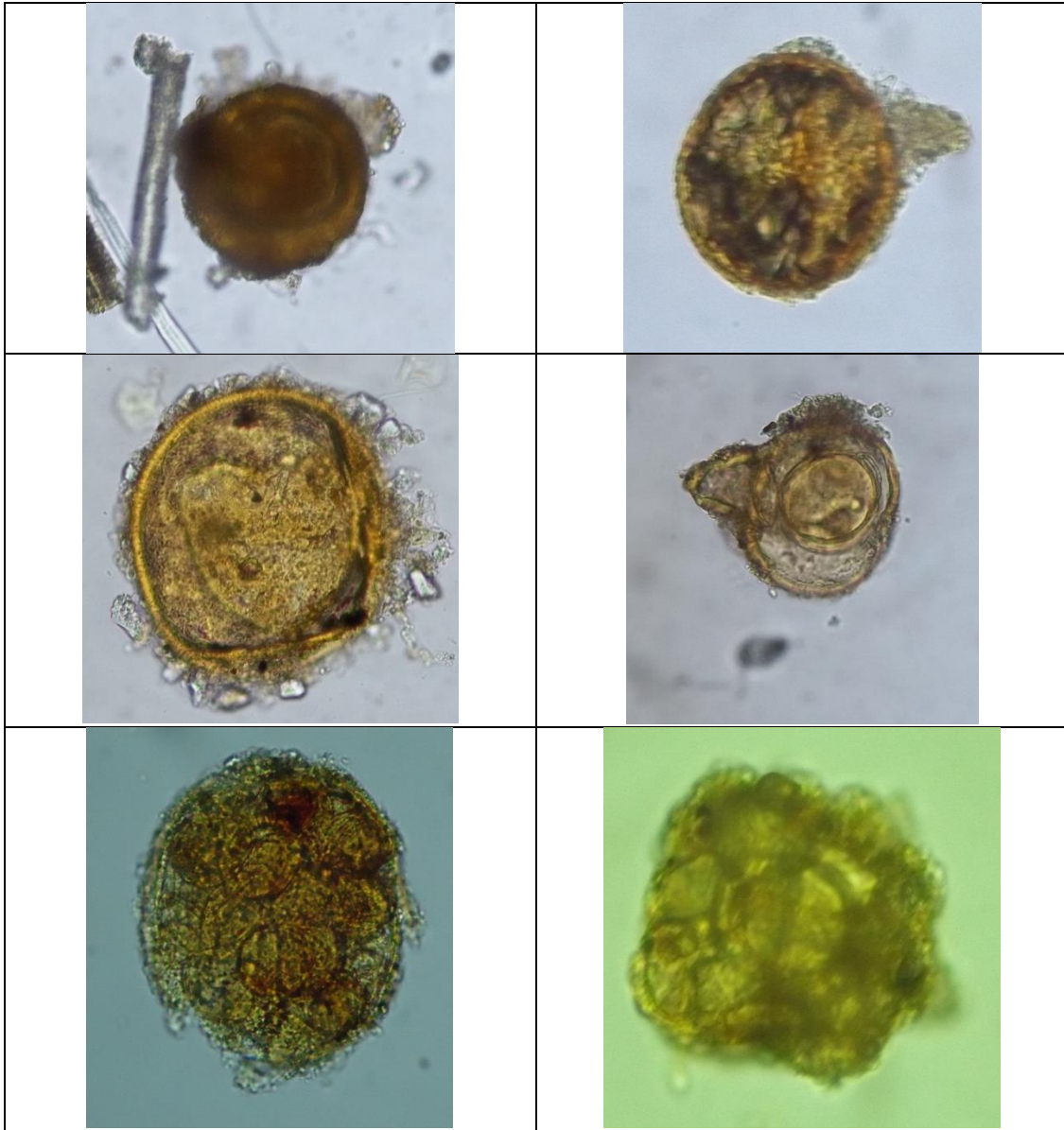


Figura 3: Esporas del género *Acauloespora* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo B a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C. 2014

Género *Acauloespora*

En la zona núcleo B, este género tuvo una presencia abundante en cuanto a su número de esporas aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* (Figura 3), con un total de 130.

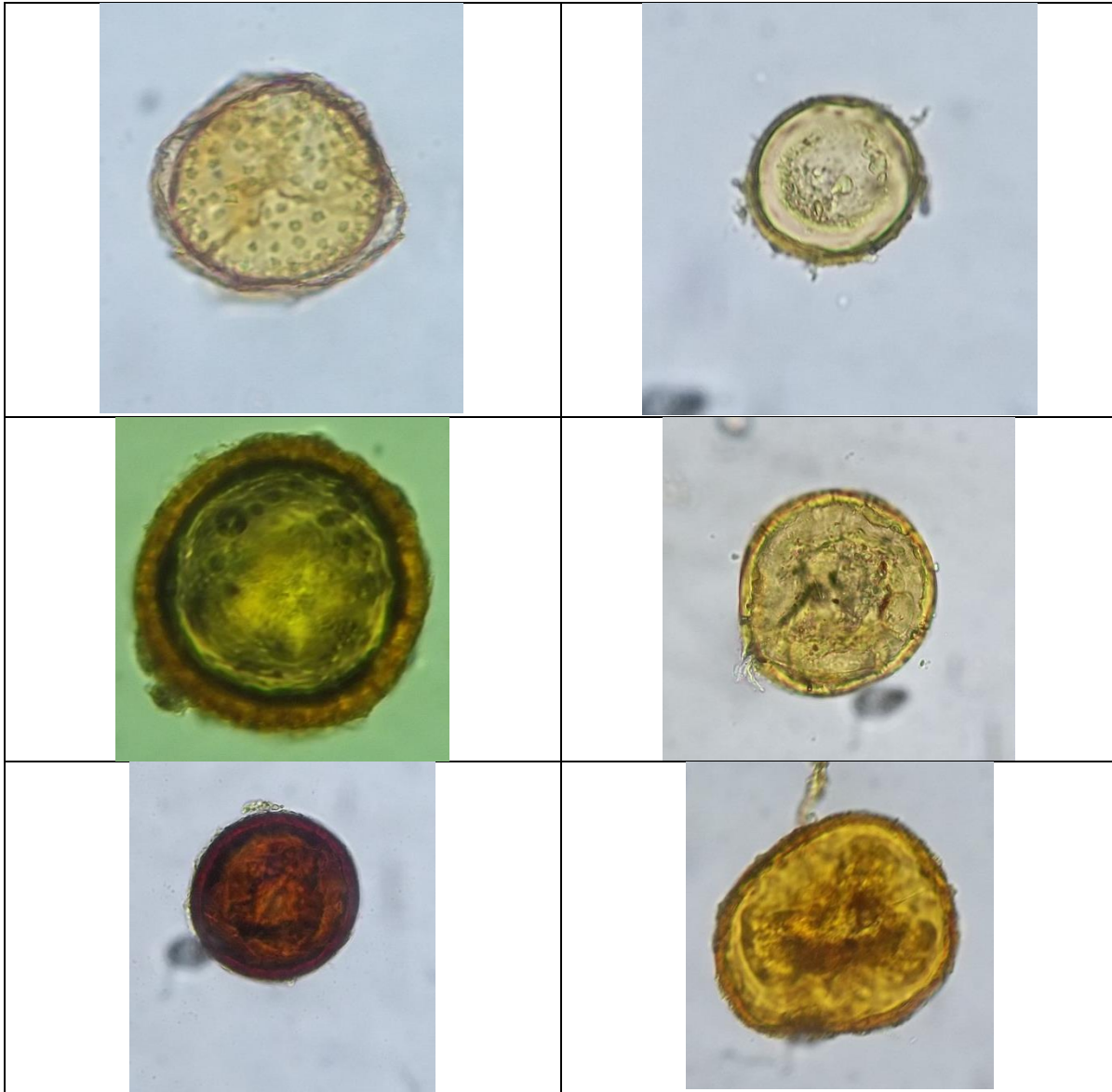


Figura 4: Esporas del género *Entrophospora* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo B a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C. 2014

Género Entrophospora

En el análisis, el género *Entrophospora* (Figura 4) fue en el que mayor presencia de esporas se aisló, con un total de 230.

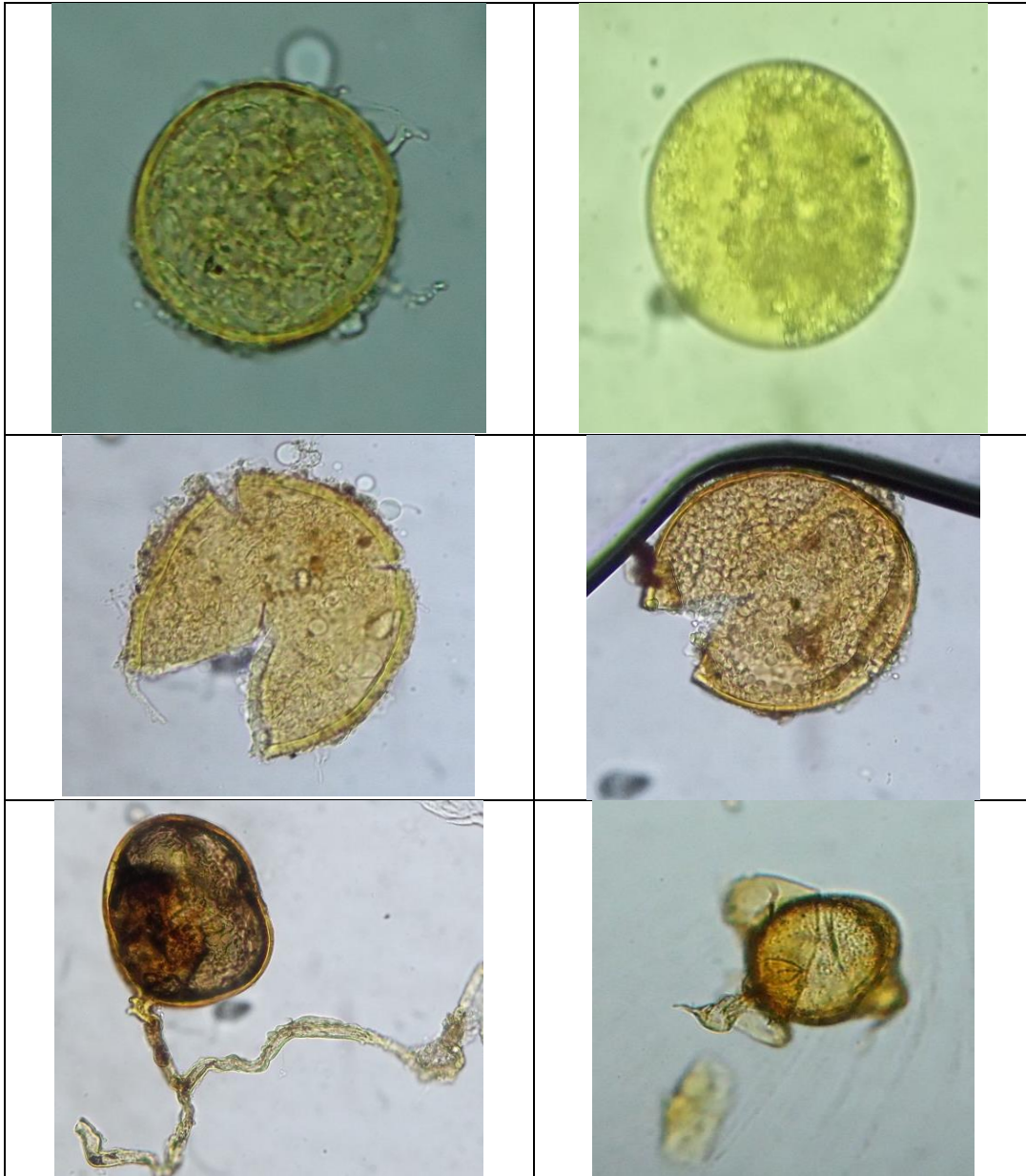


Figura 5: Esporas del género *Gigaspora* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo B a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C.

Género *Gigaspora*

En el aislamiento de esporas este género (Figura 5) fue el que menor número de esporas se obtuvieron en la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo B, con un total de 80.

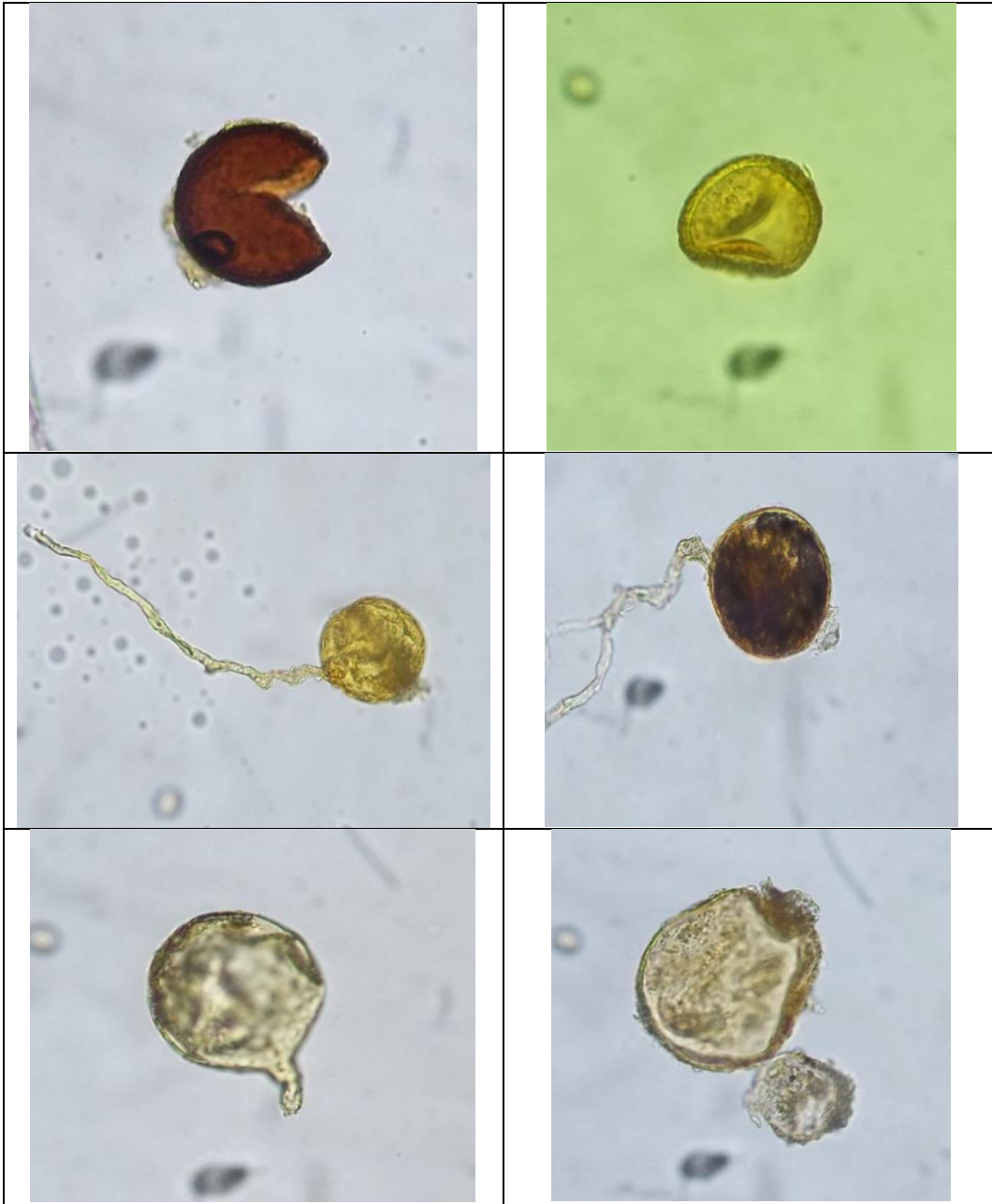


Figura 6: Esporas del género *Glomus* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo B a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C. 2014

Género *Glomus*

El género *Glomus* (Figura 6) fue después de los géneros *Entrophospora* (figura 4) y *Sclerocystis* (Figura 7) de los que se obtuvieron más esporas, con un total de 150.

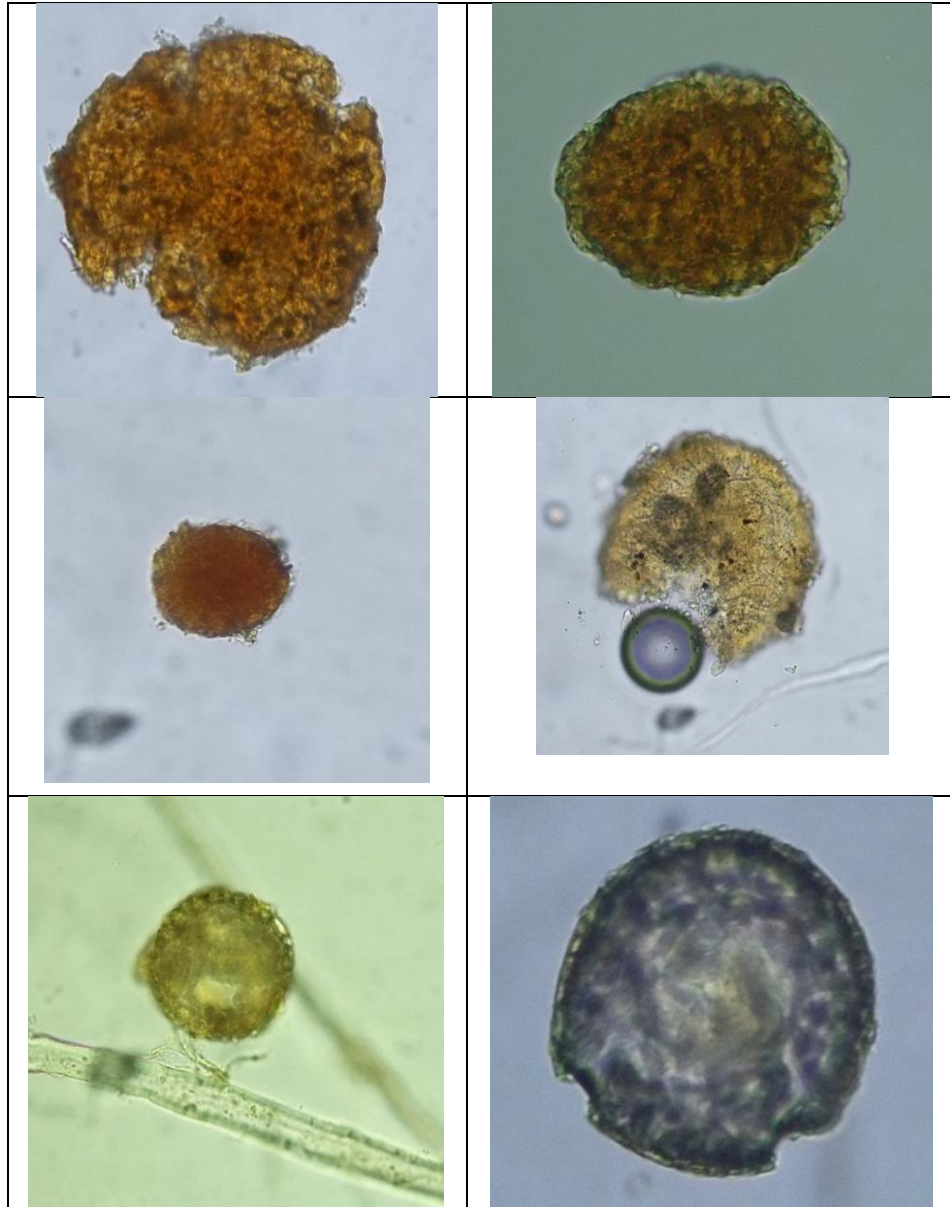


Figura 7: Esporas del género *Sclerocystis* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo B a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C. 2014

Género Sclerocystis

El género *Sclerocystis* (Figura 7), al igual que el género *Entrophospora* (Figura 4) son de los que mayor número de esporas se obtuvieron, aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* correspondiente a la zona núcleo B, en este género se encontraron un total de 200 esporas.

4.3.3 Zona núcleo C

Para la zona núcleo C, se identificaron cinco géneros. Los géneros encontrados fueron *Acauloespora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus* y *Sclerocystis*. Con mayor presencia de esporas fueron el género *Entrophospora* con 100, y *Acauloespora* con 80 esporas, el género con menor número de esporas fue *Glomus* con 10 esporas. El género *Acauloespora* se encontró en mayor abundancia en las muestra, se obtuvo en las cuatro muestras correspondiente a las cuatro obtenidas para la zona núcleo C, el género *Glomus* de menor abundancia pues solo se encontró en una muestra. En la muestra cuatro fue en la que mayor presencia de esporas se identificaron, con un total de 120, también se encontraron cuatro de los cinco géneros identificados en la zona núcleo. La muestra dos con menor número de esporas 30, así como en la que solo se encontraron dos de los cinco géneros identificados (Cuadro 4).

Cuadro.- 4 Relación de esporas identificadas por géneros en 4 muestras de 100 g suelo en la rizosfera de *Agave aspérrima* en zonas núcleo C de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulcó.

Muestras	<i>Acauloesporas</i>	<i>Entrophospora</i>	<i>Gigasporas</i>	<i>Glomus</i>	<i>Sclerocystis</i>	Total
1	20	20	20	-	-	60
2	20	-	-	-	10	30
3	10	30	10	-	20	70
4	30	50	-	10	30	120
Total	80	100	30	10	60	280

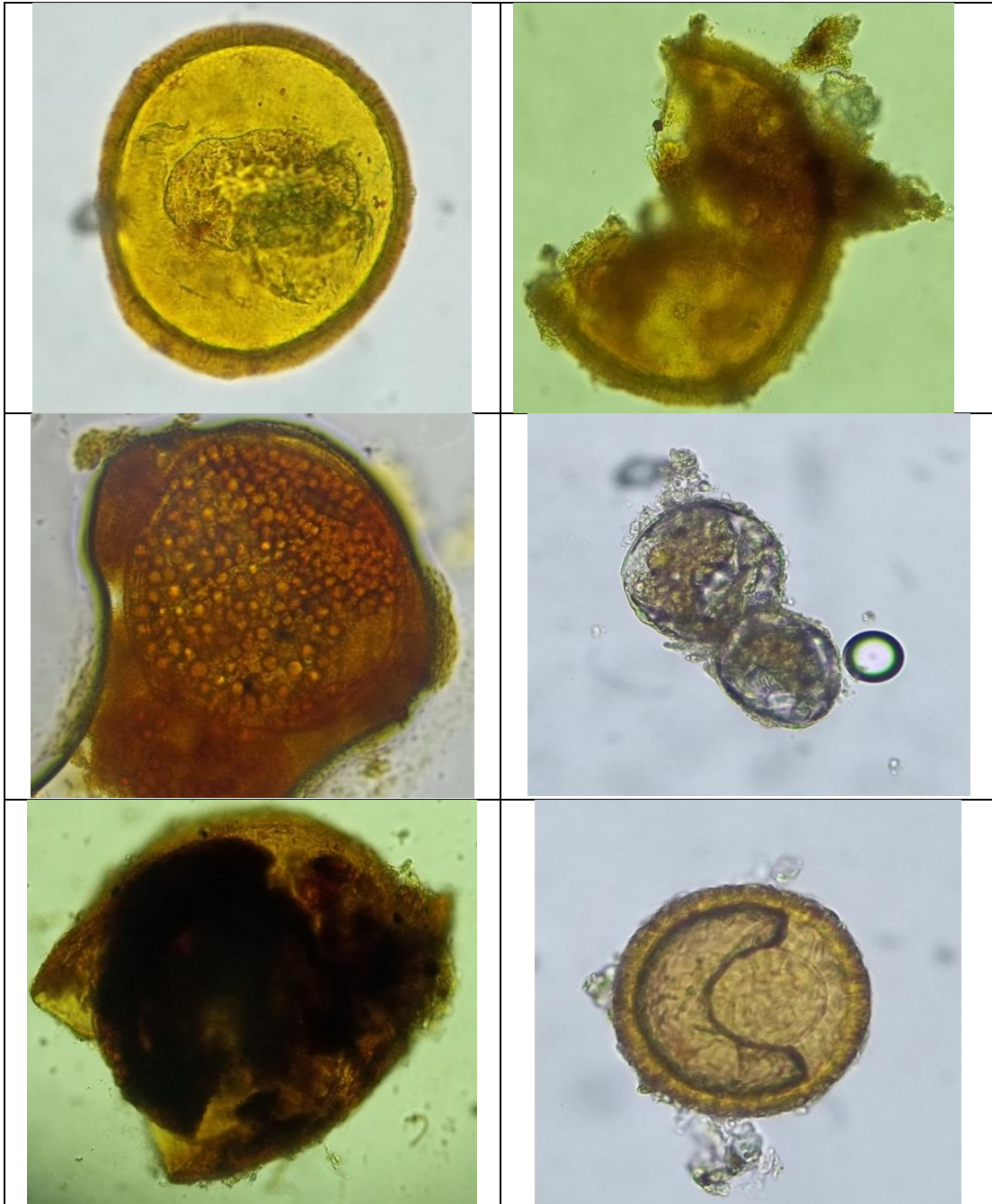


Figura 8: Esporas del género *Acauloesporas* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C. 2014

Género *Acauloespora*

En la zona núcleo C, el aislamiento de esporas del género *Acauloespora* (Figura 8) en rizosfera de *Agave aspérrima* fue el segundo valor alto, con un total de 80 esporas.

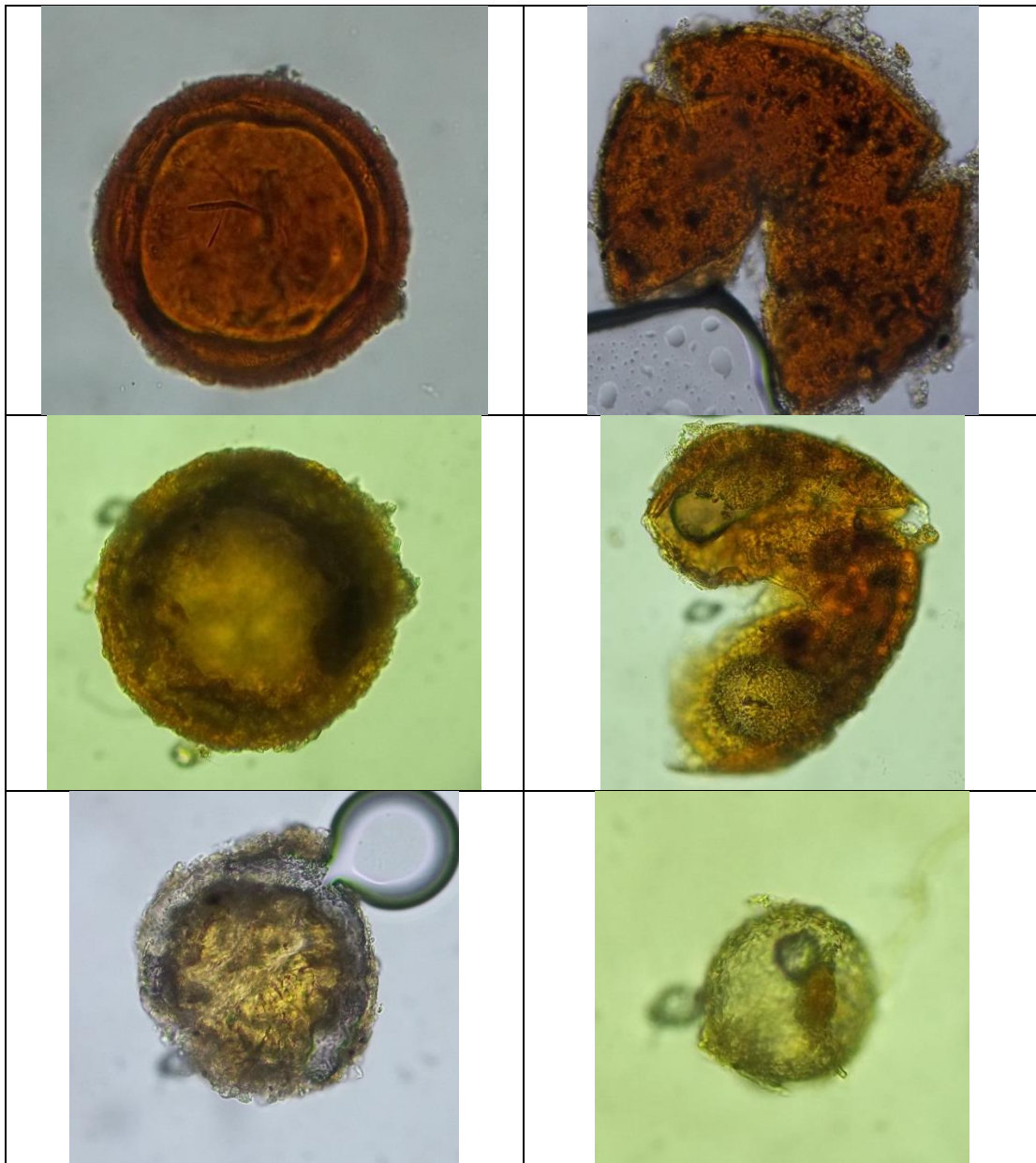


Figura 9: Esporas del género *Entrophospora* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C.

Género Entrophospora

El género *Entrophospora* (Figura 9), con mayor presencia de esporas encontradas en el aislamiento de la rizosfera del *Agave aspérrima* en la zona núcleo C, con un total de 100 esporas.

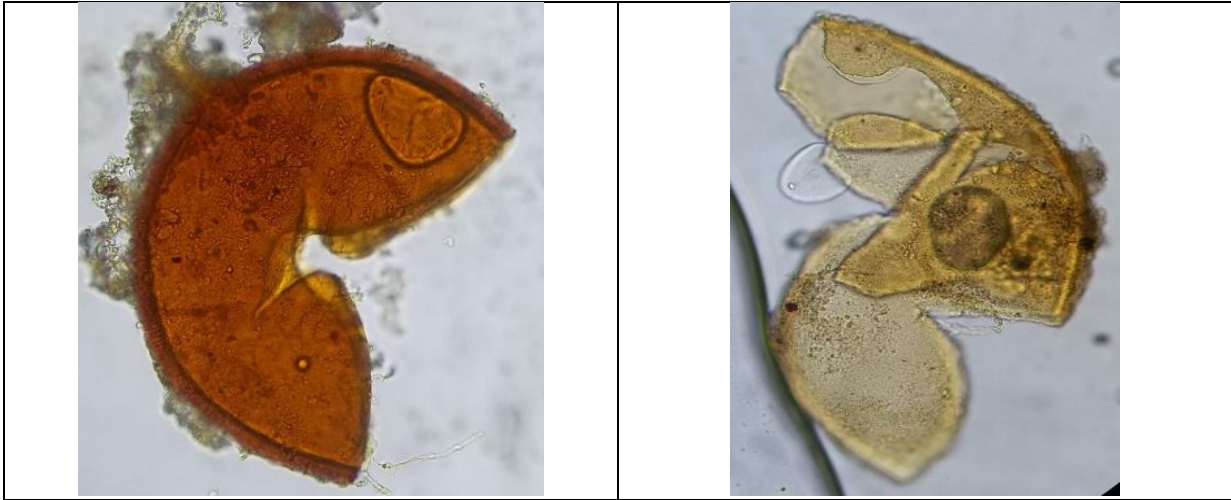


Figura 10: Esporas del género *Gigaspora* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C. 2014

Género Gigaspora

En la zona núcleo C, las esporas del género *Gigaspora* (Figura 10) fueron de las que se encontró pocas esporas, con un total de 30.

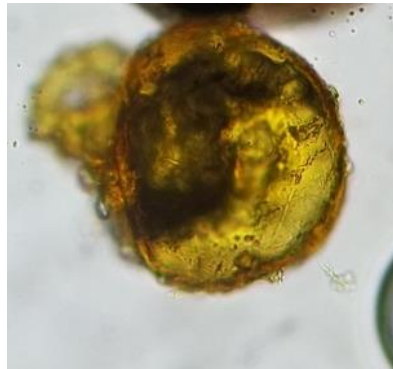


Figura 11: Esporas del género *Glomus* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C.

Género Glomus

En género *Glomus* (Figura 11), fue el que menor presencia de esporas se obtuvo de la rizosfera de *Agave aspérrima* correspondiente a la zona núcleo C, con un total de 10 esporas

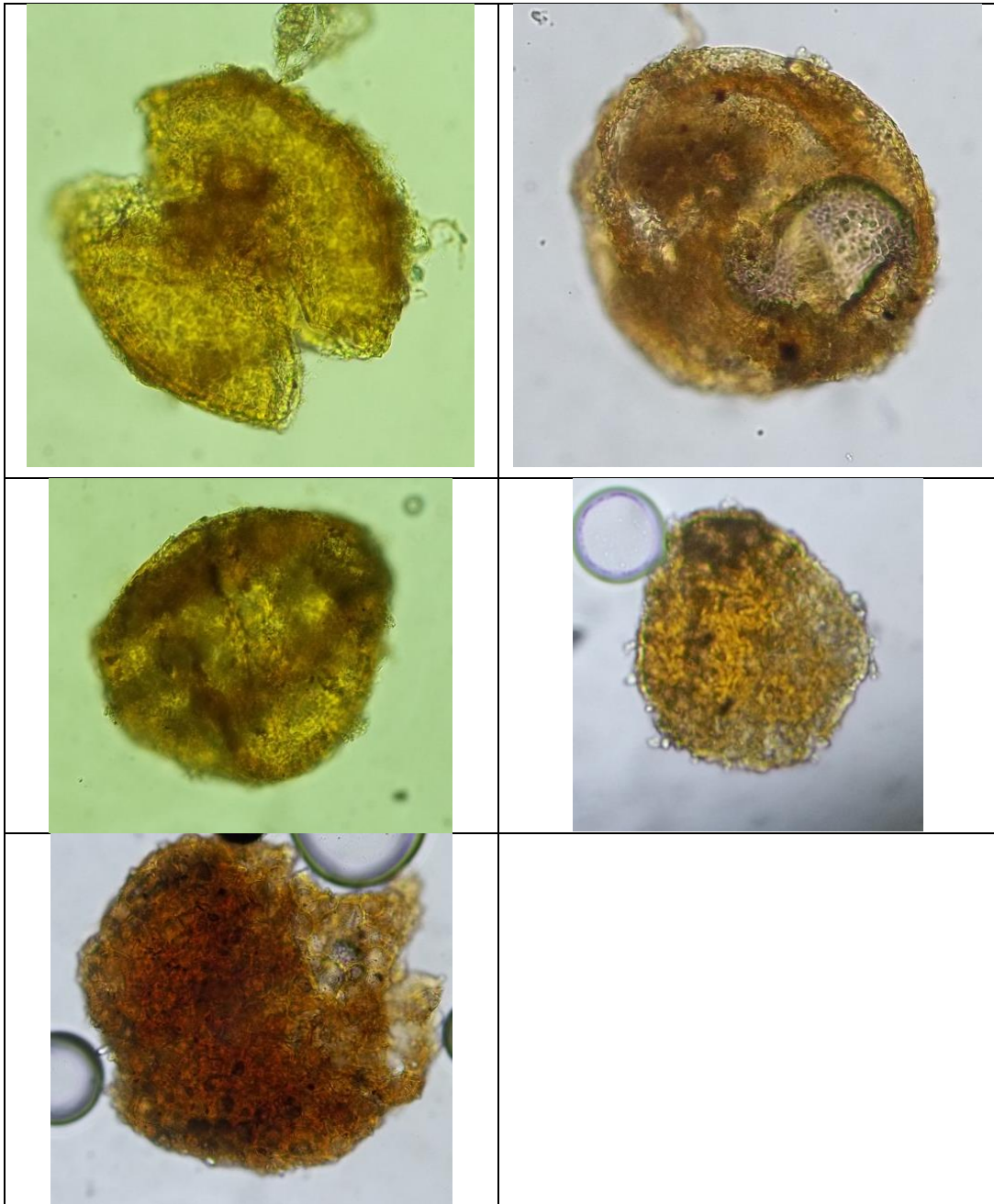


Figura 12: Esporas del género *Sclerocystis* aisladas de la rizosfera de *Agave aspérrima* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Luna-Ávila, F.C. 2014

Género Sclerocystis

En la zona núcleo C, este género (Figura 12) se obtuvo en el correspondiente aislamiento de rizosfera de *Agave aspérrima*, con un total de 60 esporas

4.5 Riqueza Específica

En las 15 muestras analizadas se identificaron cinco géneros: *Acauloespora*, *Entrophospora*, *Gigaespora*, *Glomus*, *Sclerocystis* de los cinco que se esperaba encontrar.

4.5.1 Índice de Diversidad de Margalef

4.5.1.1 Zona núcleo B

Número de géneros encontrados: 5 (S)

Número total de esporas dentro de los diferentes géneros: 790

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

$$D_{Mg} = \frac{5 - 1}{\ln 790} = \frac{4}{6.67} = 0.59$$

4.5.1.2 Zona núcleo C

Número de géneros encontrados: 5 (S)

Número total de esporas dentro de los diferentes géneros: 280

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

$$D_{Mg} = \frac{5 - 1}{\ln 280} = \frac{4}{5.63} = 0.71$$

V. DISCUSIÓN

En las áreas núcleo de la Reserva Municipal, Sierra y Cañón de Jimulcó existe una gran diversidad de géneros de Hongos Micorrizicos Arbusculares, puesto que son zonas libres de contaminación y perturbación alguna que afectan las comunidades de estos. La hipótesis es aceptada, en esta investigación se encontraron cinco géneros de HMA *Acauloespora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis*, en la rizosfera de *Agave aspérrima* con un total de 15 sitios muestreados en un ecosistema de desierto, realizada en estación de primavera.

Este resultado es similar al encontrado por (Carballar-Hernández et al., 2012) en un estudio de diversidad de HMA en *Agave potatorum* de tres sitios semiáridos durante un período de 1 año en una regio donde el *Agave potatotum* crece de manera silvestre, en el estado de Oaxaca México, donde se encontró la presencia de los mismos géneros; por otro lado (Ochoa-Meza Andres, 2009) determino los géneros *Acauloespora*, *Archaespora*, *Diversispora*, *Glomus* y *Pacispora* en la rizosfera de *Agave angustifolia*, en un muestreo de esta especie durante las cuatro estaciones del año, en la vertiente occidental de la Sierra Madre de Sonora México.

En una investigación realizada en el noroeste de Brasil (da Silva et al., 2012) en dos áreas naturales, bosque y en zonas de dunas revegetadas a través de muestras de suelos recolectadas durante la sequía, encontró los géneros *Acauloespora*, *Gigaspora*, *Glomus* y *Scutellospora*, esta diversidad se debió quizás a varios factores ambientales, como características físicas y químicas del suelo.

En este trabajo la dominancia del género se presentó en *Entrophospora*, para ambas zonas núcleo (B y C) y *Glomus* en la menor dominancia, para ambas zonas núcleo. Mas sin embargo en un promedio de géneros encontrados para ambas zonas núcleo el género *Entrophospora* sigue siendo el género dominante, mientras que el género *Gigaspora* en un promedio para las dos zonas, es el que se presenta menos. En contraste con los resultados obtenidos por (Sanchez-Castro et al., 2012) donde el género de dominancia fue el *Glomus* en un

ecosistema mediterráneo semiárido. De igual manera (Alguacil et al., 2009) en su trabajo de investigación en suelos semiáridos en el sureste de España el género de dominancia fue el *Glomus*, una posible razón de por qué *Glomus* especies son dominantes en estos suelos se puede encontrar en su alta capacidad de esporulación y la capacidad de colonizar a través de fragmentos de micelio, que pueden permitir que sobrevivan y se propagan más fácilmente.

El trabajo de investigación por (Ochoa-Meza Andres, 2009) reporta que no se encontró el género *Gigaspora* lo que podría deberse a los muestreos en las estaciones del año y a la variación en el nivel de precipitación.

(Ochoa-Meza Andres, 2009) obtuvo un porcentaje de Micorrización el cual fluctuó de 4.8 a 24.9 %; por el contrario a este trabajo de investigación en el cual el porcentaje de Micorrización fue nulo.

En la investigación realizada se llevó a cabo la riqueza específica con el índice de diversidad de Margalef, de acuerdo a los géneros esperados y encontrados. Los resultados obtenidos son para la zona núcleo B 0.59 y para la zona núcleo C 0.71, lo cual se considera un valor moderadamente medio para la zona B, mientras que para la zona C es considerado un valor mayor por (Moreno, 2001) más sin embargo estos valores se pueden ver afectados por los números de muestra en cada zona (Moreno, 2001).

(Stürmer and Siqueira, 2011), en su trabajo de investigación en Brasil, siguen el patrón de riqueza para las zonas en las que realizaron su trabajo, mencionan que tiene valores bajos que van de 0.25 y 0.42 en las zonas en las que realizó su investigación. Mencionando que los usos del suelo influyen en riqueza y abundancia de especies de HMA.

Es recomendable la realización de estudios que muestre la diversidad y dominancia de géneros en la rizosfera de *Agave aspérrima* en las distintas estaciones del año, así como en las diferentes etapas fenológicas del *Agave*.

VI. CONCLUSIÓN

En este trabajo de investigación que se llevó a cabo durante el mes de mayo del 2014 donde se encontraron cinco géneros de HMA *Acauloespora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis*, ambos géneros para la zona núcleo B y zona núcleo C, siendo una diversidad esperada en cuanto a ecosistemas semiáridos. Siendo *Entrophospora* el género encontrado en la mayoría de los sitios de muestreo, así como el género de mayor dominancia. El género con menor presencia fue *Gigaspora*.

El índice de Margalef, demuestra un valor moderadamente medio para la zona B con 0.59, y para la zona núcleo C 0.71 considerado un valor mayor, encontrada en estos ecosistemas.

VII. LITERATURA CITADA

- /, H. W. A. A. S. P. J. 2014.
- AGUILERA, L., OLADE, P. V., ARRIAGA, R., M., & CONTRERAS, A., R. 2007. Micorrizas Arbusculares *Ciencia Ergo Sum*, 14, 300-306.
- ALGUACIL, M. M., ROLDÁN, A. & TORRES, M. P. 2009. Complexity of Semiarid Gypsophilous Shrub Communities Mediates the AMF Biodiversity at the Plant Species Level. *Microbial Ecology*, 57, 718-727.
- ANDRADE - TORRES, A. 2010. Micorrizas: Antigua Interacción entre Plantas y Hongos *Ciencia*
- BARCENAS, C. A., L., VARELA, B., LARA, A. GUILLEN Y CARREON, S., AGUIRRE Y CHAVEZ, A. 2007. Diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares en huertos de aguacate de michoacán. *Actas VI Congreso Mundial del Aguacate*.
- BIODESERT 2003. Asociación para la Conservación de la Biodiversidad del Desierto, A. C. y World Wildlife Fund (WWF). *La Gaceta de Biodesert.*, Ed. Esp, 2.1-15.
- BRUNDRETT, M. C., ABBOTT, L. K. & JASPER, D. A. 1999. Glomalean mycorrhizal fungi from tropical Australia. *Mycorrhiza*, 8, 305-314.
- CAMARGO-RICALDE SARA LUCÍA, M. N. M., CLAUDIA JANETTE DE LA ROSA MERA Y SUSANA ADRIANA MONTAÑO ARIAS 2012. Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. . *Rev Digital Universitaria* 13.
- CARAVACA, F., JM BAREA , J. PALENZUELA , D. FIGUEROA , MM ALGUACIL , A. ROLDÁN 2003. Establecimiento de especies de arbustos en un sitio semiáridas degradadas después de la inoculación con hongos Micorrizicos arbusculares nativos o aloctonos.
- CARBALLAR-HERNÁNDEZ, S., PALMA-CRUZ, F. J., HERNÁNDEZ-CUEVAS, L. & ROBLES, C. 2012. Arbuscular mycorrhizal potential and mycorrhizal fungi diversity associated with Agave potatorum Zucc. in Oaxaca, Mexico. *Ecological Research*, 1-10.
- CASTILLO, Q., QUINTANILLA, V., JOSE ANGEL & ANTONIO, C. P. 2007. El genero Agave L. Bajo Cultivo: Taxonomía, Distribución y Usos *Rev. Ciencia Forestal den Mexico*, 32, 101.
- COAHUILA, G. D. E. D. 2002.
- DA SILVA, D., PEREIRA, C., DE SOUZA, R., DA SILVA, G., OEHL, F. & MAIA, L. 2012. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in restinga and dunes areas in Brazilian Northeast. *Biodiversity and Conservation*, 21, 2361-2373.
- ESTRADA, B., BELTRÁN-HERMOSO, MARÍA, PALENZUELA, JAVIER, IWASE, KOJI, RUIZ-LOZANO, JUAN MANUEL, BAREA, JOSÉ-MIGUEL, OEHL, FRITZ. 2013. Taxonomic diversity and community structure of arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota) in three maritime sand dunes in Santa Catarina state, south Brazil.
- FINLAY, R. D. 2008. Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. *J Exp Bot*, 59, 1115-26.
- FLORES, J. A. 2002. *Análisis estructural de la vegetación arbustiva y arbórea del Cerro del Centinela, Sierra de Jimulco, Municipio de Torreón, Coah. México*. . UJED.
- GAI, J. P., TIAN, H., YANG, F. Y., CHRISTIE, P., LI, X. L. & KLIRONOMOS, J. N. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungal diversity along a Tibetan elevation gradient. *Pedobiologia*, 55, 145-151.

- GARCIA-SANCHEZ, R., CAMARGO-RICALDE, S. L., GARCIA-MOYA, E., LUNA-CAVAZOS, M., ROMERO-MANZANARES, A. & MONTANO, N. M. 2012. *Prosopis laevigata* and *Mimosa biuncifera* (Leguminosae), jointly influence plant diversity and soil fertility of a Mexican semiarid ecosystem. *Rev Biol Trop*, 60, 87-103.
- GERDEMANN, J. W. & NICOLSON, T. H. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46, 235-244.
- GIANINAZZI, S., GOLLOTTE, A., BINET, M. N., AN TUINEN, D., REDECKER, D. & WIPF, D. 2010. Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza*, 20, 519-30.
- GIOVANNETTI, M. 2008. Structure, Extent and Functional Significance of Belowground Arbuscular Mycorrhizal Networks. In: VARMA, A. (ed.) *Mycorrhiza*. Springer Berlin Heidelberg.
- GUERRA, S. B. E. 2008. Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. *Tecnología en Marcha*, 21, 191-201.
- [HTTP://INVAM.CAF.WVE.EDU/](http://invam.caf.wve.edu/) 2014. *Invam*.
- [HTTP://WWW.LRZ-MUENCHEN.DE/SCHUESSLER/AMPHYLO/](http://www.lrz-muenchen.de/schuessler/amphylo/). 2014.
- JEFFRIES, P., GIANINAZZI, S., PEROTTO, S., TURNAU, K. & BAREA, J.-M. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soils*, 37, 1-16.
- KOSKE, R. E. & TESSIER, B. 1983. A convenient, permanent slidemounting medium. *Mycol Soc Am Newslett* 34, 1-59.
- KRUGER, M., C. KRUGER, C. WALKER, H. STOCKINGER Y A. SCHUSSLER 2012. Phylogenetic reference data for systematics and phylotaxonomy of arbuscular mycorrhizal fungi from phylum to species level. 970.
- MARTÍNEZ-GARCÍA, L. B., ARMAS, C., MIRANDA, J. D. D., PADILLA, F. M. & PUGNAIRE, F. I. 2011. Shrubs influence arbuscular mycorrhizal fungi communities in a semi-arid environment. *Soil Biology and Biochemistry*, 43, 682-689.
- MONTAÑO, N. & ALARCON, A. 2012. research on arbuscular mycorrhizae in Mexico: an historical synthesis and future prospects *simbiosis*, 57(3), 111-126.
- MORENO, C. E. 2001. *Metodos par amedir la biodiversida*.
- OCHOA-MEZA ANDRES, M. E., RIGEL FERNANDEZ-VALLE Y RICARDO HERRERA-PERAZA 2009. VARIACIÓN ESTACIONAL DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES ASOCIADOS CON *Agave angustifolia* Haw. EN LA SIERRA SONORENSE, MÉXICO
- OLSSON, P. A., BAATH, E. & JAKOBSEN, I. 1997. Phosphorus effects on the mycelium and storage structures of an arbuscular mycorrhizal fungus as studied in the soil and roots by analysis of Fatty Acid signatures. *Appl Environ Microbiol*, 63, 3531-8.
- OPIK, M. & MOORA, M. 2012. Missing nodes and links in mycorrhizal networks. *New Phytol*, 194, 304-6.
- PARNISKE, M. 2008. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nature Reviews. Microbiology*, 6, 763-775.
- PEREZ, C. A., FUENTES, C. & JUSTO, E. 2009. LOGISTIC REGRESSION IN ASSESSING THE SPORULATION OF MYCORRHIZAE IN *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus PASTURE. *Rev Colombiana Cienc. Anim.* , 1.
- PERNER, H., SCHWARZ, D., BRUNS, C., MADER, P. & GEORGE, E. 2007. Effect of arbuscular mycorrhizal colonization and two levels of compost supply on nutrient uptake and flowering of pelargonium plants. *Mycorrhiza*, 17, 469-74.

- PHILLIPS, J. M. & HAYMAN, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55, 158-181.
- RAMOS C., C. M. 2013. *Caracterización biofísica de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco*. Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.
- REQUENA, N., JEFFRIES, P. & BAREA, J. M. 1996. Assessment of natural mycorrhizal potential in a desertified semiarid ecosystem. *Applied and Environmental Microbiology*, 62, 842-7.
- ROBLES, M., LUORDES 2006. *Análisis prospectivo del potencial micorrizico y la respuesta a la inoculación con hongos micorriza arbuscular del maguey mezcalero (Agave angustifolia Haw)*. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de investigación para el desarrollo interregional unidad Oaxaca.
- RZEDOWSKI, J. 1978. *Vegetación de México.*, México, D. F.
- SANCHEZ-CASTRO, I., FERROL, N., CORNEJO, P. & BAREA, J. M. 2012. Temporal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi colonizing roots of representative shrub species in a semi-arid Mediterranean ecosystem. *Mycorrhiza*, 22, 449-60.
- SÁNCHEZ, S. J., FLORES, A., MURO, G. & ALBA, J. A. 2009. Jimulco: Sublime isla de biodiversidad. *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas*, 6, 12-14.
- SCHÜBLER, A., SCHWARZOTT, D. & WALKER, C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research*, 105, 1413-1421.
- SEMARNAT 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres -categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- lista de especies en riesgo. *Jueves 30 de diciembre de 2010. Diario Oficial de la Federación (Segunda Sección)*.
- SMITH, S. & READ, D. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*, Amsterdam, Academic Press.
- STÜRMER, S. & SIQUEIRA, J. 2011. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in Western Brazilian Amazon. *Mycorrhiza*, 21, 255-267.
- TEHLER, A., FARRIS, J.S., LIPSCOMB, D.L. KALLERSJO, M. 2000. Phylogenetic analyses of the fungi based on large rDNA data sets.
- VAN DER HEIJDEN, M., KLIRONOMOS, J. N., URSIC, M., MOUTOGLIS, P., STREITWOLF-ENGEL, R., BOLLER, T., WIEMKEN, A. & SANDERS, I. R. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396, 69-72.
- VAZQUEZ D., E., GARCIA N., R. J., PEÑA V., C. B., RAMIREZ TOBIAS, H. & MORELOS R., V. 2011. SEED SIZE, EMERGENCE AND SEEDLING DEVELOPMENT OF MAGUEY (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck). *Rev. Filotec. Mex.*, 34, 16-173.
- VERDUZCO-MARTÍNEZ, J., PREDRO-ROJAS, C., I. & MERCADO-HERNÁNDEZ, R. 2008. CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL MAGUEY. *VII Simposium-Taller "Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noreste de México"*.
- VILLARREAL, J. Á. & VALDÉS, J. 1992-1993. Vegetación de Coahuila, México. *Revista de manejo de pastizales*, 6, 18-69.
- VILLEGAS, R., M. & CIFUENTES, J. 2004. Las micorrizas en la Evolución de las Plantas *ciencias de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 30-36.
- WALKER, C., MIZE, C. W. & MCNABB JR, H. S. 1982. Populations of endogonaceous fungi at two locations in central Iowa. *Canadian Journal of Botany*, 60, 2518-2529.
- WANG, B. & QIU, Y. L. 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*, 16, 299-363.

- WILSON, G. W., HICKMAN, K. R. & WILLIAMSON, M. M. 2012. Invasive warm-season grasses reduce mycorrhizal root colonization and biomass production of native prairie grasses. *Mycorrhiza*, 22, 327-36.
- ZAMORA MARTINEZ CRISTINA, V. B. E., CANO PINEDA ANTONIO, ARELLANO RIVAS AMARANTA 2008. *Manual que establece los Criterio Tecnico para la Aprovechamiento Sustentable de Recursos Forestale no Mderables en Clima Arido y Semiarido*.