

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**DETERMINACIÓN DE DIVERSIDAD DE ESPORAS DE HONGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES EN RIZÓSFERA DE ORÉGANO SILVESTRE (*Lippia
graveolens* H. B. K.) DEL EJIDO DEL BARREAL DE GUADALUPE, TORREÓN,
COAHUILA**

POR

JOSELITO INÉS RODRÍGUEZ MORALES

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO

DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DETERMINACIÓN DE DIVERSIDAD DE ESPORAS DE HONGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES EN RIZÓSFERA DE ORÉGANO SILVESTRE (*Lippia
graveolens* H. B. K.) DEL EJIDO DEL BARREAL DE GUADALUPE, TORREÓN,
COAHUILA

POR:

JOSELITO INÉS RODRÍGUEZ MORALES


TESIS:

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

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

COMITÉ PARTICULAR

ASESOR
PRINCIPAL:


M.C. GENOVEVA HERNÁNDEZ ZAMUDIO

ASESOR:


M.C. EDUARDO BLANCO CONTRERAS

ASESOR:


M.C. FORTINO DOMÍNGUEZ PÉREZ

ASESOR:


M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas



TORREÓN, COAHUILA; MÉXICO

DICIEMBRE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DETERMINACIÓN DE DIVERSIDAD DE ESPORAS DE HONGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES EN LA RIZÓSFERA DE ORÉGANO SILVESTRE (*Lippia
graveolens* H. B. K.) DEL EJIDO DEL BARREAL DE GUADALUPE, TORREÓN,
COAHUILA

POR:

JOSELITO INÉS RODRÍGUEZ MORALES

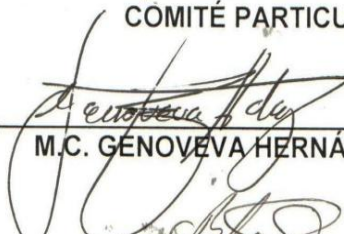
TESIS:

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

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

COMITÉ PARTICULAR

PRESIDENTE:


M.C. GENOVEVA HERNÁNDEZ ZAMUDIO

VOCAL:


M.C. EDUARDO BLANCO CONTRERAS

VOCAL:


M.C. FORTINO DOMÍNGUEZ PÉREZ

VOCAL:


M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA; MÉXICO

DICIEMBRE 2012

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Primeramente, por ser el creador del cielo y de la tierra, de todo lo visible e invisible; quien es dueño de mi vida, mi Dios, mi Señor, refugio, fortaleza; me ha escuchado benignamente las necesidades que he tenido en el transcurso de mi vida y desarrollo de mi profesión. Antes y sobre todo le agradezco por darme la vida, contenerme en buena salud, que ha estado siempre en las buenas y malas. Me ha consentido con su amor y paciencia, que haces realidad mis metas y objetivos. Gracias por iluminar mi vida y ser tan misericordioso y por darme lo mejor de mi vida especialmente a mis padres, hermanos, mi familia, y por darme esa oportunidad de conocer a Zuemmy a quien amo y quiero mucho esperando construir y sembrar fe en nuestro corazón para estar siempre felices en comunión contigo con los mejor posible.

A mis padres: Quienes han sido la guía de mi vida, que me crearon enseñándome a vivir, valorar, respetar, querer, amar lo que tengo a mi alrededor. Ellos me enseñaron a creer en Dios, dándome su cariño, amor, afecto, comprensión y sobre todo sus consejos. Han sido incansables en el proceso de desarrollo de mi vida, quienes me han acompañado en los momentos buenos y malos donde los he necesitado siempre.

A mis hermanos y hermanas: Ana I., Nayeli S., Floricelda F., Elidai Y., Carlos A., Fredi F., Neybi M., Ezequiel L. (†), Maricruz N., Yimmi N., Gabriel G. y Julieta Y., quien han sido la fuerza de mi vida, de mi interior dándoles gracias por todo su tiempo y por entender las veces que no pude convivir con ellos que sin embargo los querré siempre.

A mis abuelos: Gracias por el apoyo, los consejos que me dieron siempre, creyendo en lo que llegaría a ser en realidad y confiaron en mi persona. Agradezco tanto a mis abuelos paternos como maternos porque siempre me tuvieron y tendrán un buen concepto y que a la vez me han dado su cariño, amor y afecto.

A mis tíos y tías: Les agradezco por su apoyo y la confianza que me han dado siempre, esos grandes consejos que me ayudaron a actuar en las etapas de mi vida y que al mismo tiempo he aprendido a quererlos y respetarlos a ambos.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de la Unidad Laguna: Por esos grandes privilegios que me brindó y me acogió en su interior enseñándome a estar como en mi propia casa. Siempre la llevaré en mi mente y corazón, poniendo su nombre en alto por todos sus conocimientos que me brindo para desarrollarme como profesionista.

Departamento de Agroecología: Gracias por ofrecerme a los profesores quienes fueron guías para el desarrollo de mi profesión tanto en teoría como práctica de las que fui saciado de sus experiencias y conocimientos. Les agradezco por todo lo que han brindado por mi profesión.

Respetuosamente a la **M. C. Genoveva Hernández Zamudio:** Por su comprensión, confianza, paciencia, disposición permanente que tuvo durante el proceso de la investigación aclarando mis dudas y así conjuntamente ayudándome a obtener mi objetivo propuesto en la Carrera de Ingeniero en Agroecología.

M. C. Eduardo Blanco Contreras: Por esa capacidad de enseñanza, los consejos, la confianza, la entrega y dedicación a aportar ideas para la Agroecología que ha aportado y emitido y sobre todo las motivaciones para seguir adelante.

M. C. Fortino Domínguez Pérez: Quien ha sido un buen guía, amigo durante el desarrollo profesional de quien he aprendido prácticamente, del cual en un principio se me dificultaba pero sobre todo llegué a comprender más de lo que me imaginaba. Gracias por sus consejos.

M. C. Gerardo Zapata Sifuentes: Gracias por la gran ayuda que me ha brindado para el desarrollo de mi profesión siendo un buen guía tanto en la práctica como en la teoría.

M. C. M. Mercedes Sáenz: Gracias por todo el enorme apoyo que me brindó en el proceso de laboratorio y la gran paciencia, los consejos para que mi trabajo saliera adelante. Mi más y apreciable respeto. Dios le bendiga siempre.

Dr. Jesús Vásquez Arroyo: Gracias por todos sus consejos que me brindó y que siempre me decía que crecer duele y al final de todo me doy cuenta que es lo que he pasado en todo el desarrollo de mi profesión. Le respeto mucho y se le aprecia por ser mi tutor durante la Universidad en mi "Alma Tierra Mater".

A mis **amigos (Marco Antonio, Laura Alvany, José Farlin) quienes me brindaron su amistad, cariño, comprensión, dándome los momentos de felicidad y compañeros de la Carrera de Ingeniero en Agroecología:** Gracias por su comprensión, atención, amistad, apoyo que me dieron durante el tiempo que convivimos como estudiantes en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de la Unidad Laguna.

Nayeli García Esquivel: Gracias por todo el apoyo que me brindaste en el desarrollo de mi profesión y sobre todo en el ámbito moral. Eres buena persona y buena amiga. Gracias y Dios te bendiga siempre a ti y a tu linda familia.

A mi hermosa y única osita

JIRMYZTA

Eres como ninguna otra, porque solo tú te has ganado mi alma y un lugar en lo más profundo de mi corazón, se que tu amor lo puede todo, las noches estrelladas, las melodías más bellas, las palabras, las fantasías, todos me parece poco, porque tú me llenas.

Eres mi sueño cumplido, el amor perfecto, sin ataduras.

Eres la respuesta a mis preguntas la razón de mi vivir.

De soñar, de llorar, de reír, de amar, cantar, de escribir...le agradezco a Dios que te haya puesto en mi camino, quisiera gritar desde lo más alto de una montaña que te amo y que se escuchara el eco por todos los cielos.

Porque tu siempre estás en mis pensamientos, en mi corazón, en mis sentimientos en el sol, la lluvia, en cada lágrima, tú eres mi felicidad, mi todo. Porque desde aquel día en que te vi por vez primera mi vida cambio por completo.

Sólo le pido a Dios que perdure este amor más allá de los años, del tiempo, de la muerte, para estar a tu lado siempre.

DEDICATORIAS

A Dios: Éste trabajo de lo dedico a Dios especialmente y primeramente por que siempre ha iluminado mi camino, donde he pasado momentos difíciles pero gracias a él salí adelante en todo lo que realice para llegar a este proceso y al mismo tiempo agradeciéndole por ser mi guía no solo de mi carrera profesional sino también los días de mi vida que he vivido bajo la bendición misma de él. Dios ¡Eres lo mas infinito, grandioso quien es dueño de la vida, del amor y de todo lo que es visible e invisible.

A mis Padres FIDENCIO RODRÍGUEZ RAMÍREZ Y FLORISBILDA MORALES GERÓNIMO: A quienes les debo todo lo que soy al darme su cariño, amor, sinceridad, confianza quienes me enseñaron a valorar lo que se tiene en la vida. Gracias por apoyarme, escucharme en las buenas y malas que siempre estuvieron allí, los grandes consejos, los consuelos y que ahora y siempre les digo que los amo y los quiero mucho que son y serán lo más grande que Dios me ha dado.

¡Gracias por ser los mejores y únicos padres!

A mis hermanas y hermanos: Ana I., Nayeli S., Floricelda F., Elidai Y., Carlos A., Fredi F., Neybi M., Ezequiel L. (†), Maricruz N., Yimmi N., Gabriel G. y Julieta Y. Quienes han sido siempre mi fuerza interior para seguir adelante. Gracias hermanos, por soportarme. Me han ayudado a sobresalir adelante en el desarrollo de mi vida y profesión, **los quiero mucho** esperando compartir siempre dicha felicidad que nos ha mantenido unidos en comunión con **Dios**.

A mis sobrinos: Gracias por iluminarme con su vida y darme felicidad con sus sonrisas ternuras e inocencia.

A mis tíos y primos: Quienes han sido parte de mi vida que con su apoyo, confianza y respeto le he llegado a querer mucho y gracias por los grandes apoyos que me han dado siempre.

A mis abuelos: Epifanio Rodríguez González (†) e Inés Ramírez D. (†) y Herman Morales Díaz y Baudelia Gerónimo López.

Quienes pusieron siempre su confianza en mí con sus grandes consejos de la vida, enseñándome valores, con sus grandes ánimos y motivaciones dándome su fe a obtener mi carrera. Siempre los llevare en mi corazón los querré siempre.

A mi linda y hermosa osita Zuemmy: Quien me ha dado su confianza, su amor, cariño, sinceridad, respeto, motivación, alegría y felicidad. Te amo mucho mi hermosa nena linda. Dios bendiga siempre en nuestro amor y felicidad tanto la nuestra y como la de nuestras familias.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIAS.....	VII
ÍNDICE DE CUADROS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
I. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivo general.....	6
1.1.1. Objetivos particulares	6
1.2. Hipótesis.....	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1. Concepto general de micorrizas.....	7
2.2. Clasificación morfológica de las micorrizas	8
2.2.1. Ectomicorrizas.....	8
2.2.2. Endomicorrizas	9
2.2.3. Ectendomicorrizas.....	9
2.2.4. Arbutoides.....	10
2.2.5. Monotropides.....	10
2.2.6. Ericoides o ericales	11
2.2.7. Orquidáceas	11
2.2.8. Arbusculares	11
2.3. Hongos Micorrízicos Arbusculares	12
2.3.1. Sistemática de HMA.....	13
2.3.2. Descripción de géneros de HMA	14
2.3.2.1. Glomus	14
2.3.2.2. Entrophospora.....	15
2.3.2.3. Acaulospora.....	15
2.3.2.4. Archaeospora	16
2.3.2.5. Gigaspora.....	16
2.3.2.6. Scutellospora	17
2.3.3. Estructura de HMA	18
2.3.3.1. Hifas.....	19
2.3.3.2. Esporas	20
2.3.3.3. Micelio.....	20
2.3.3.4. Arbúsculos	21
2.3.3.5. Vesículas.....	21

2.3.4.	Mecanismos de colonización.....	21
2.3.5.	Efectos nutricionales de HMA.....	23
2.3.6.	Influencia de HMA con la absorción de Fósforo.....	24
2.3.7.	Impacto de las micorrizas arbusculares en la sostenibilidad.....	25
2.3.8.	Usos de los HMA.....	26
2.3.9.	Diversidad de la comunidad de HMA en el ecosistema.....	27
2.3.9.1.	Diversidad de HMA en los agroecosistemas.....	27
2.3.9.2.	Ventajas de los HMA en los Agroecosistemas.....	28
2.4.	Diversidad alfa en Hongos Micorrízicos Arbusculares.....	29
2.4.1.	Medición de la diversidad alfa.....	30
2.4.2.	Medición de la riqueza específica.....	30
2.5.	Respuesta de las comunidades de HMA ante el cambio del suelo.....	30
2.6.	<i>Lippia graveolens</i> H.B.K.	31
2.6.1.	Descripción de <i>Lippia graveolens</i> H. B. K.	31
2.6.2.	Taxonomía de <i>Lippia graveolens</i> H. B. K.	32
2.6.3.	Usos y productos de <i>Lippia graveolens</i> H. B. K.	32
2.6.4.	Asociación de <i>Lippia graveolens</i> H. B. K. con otras especies.....	33
2.6.5.	Aprovechamiento de <i>Lippia graveolens</i> H. B. K.	33
2.6.6.	Importancia económica de <i>Lippia graveolens</i> H. B. K.	35
2.6.7.	Producción de <i>Lippia graveolens</i> H. B. K.	35
2.6.7.1.	En México.....	35
2.6.7.2.	En Coahuila.....	36
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1.	Caracterización del área.....	37
3.2.	Descripción del experimento.....	38
3.2.1.	Recolección de muestras.....	38
3.2.2.	Análisis físico-químico del suelo.....	39
3.3.	Extracción de esporas.....	39
3.4.	Determinación de géneros de HMA.....	40
IV.	RESULTADOS.....	42
4.1.	<i>Propiedades del suelo.....</i>	42
4.2.	Riqueza de especies y ubicación taxonómica.....	43
4.3.	Distribución taxonómica.....	45
4.4.	Descripción y Distribución de los géneros de HMA en rizósfera <i>Lippia graveolens</i> H. B. K.....	46
4.4.1.	Género <i>Glomus</i>	46
4.4.2.	Género <i>Entrophospora</i>	48
4.4.3.	Género <i>Acaulospora</i>	50

4.4.4.	Género <i>Archaeospora</i>	52
4.4.5.	Género <i>Gigaspora</i>	54
4.4.6.	Género <i>Scutellospora</i>	56
4.5.	Riqueza específica	58
4.5.1.	Índice de diversidad de <i>Margalef</i>	58
V.	DISCUSIÓN	59
VI.	CONCLUSIÓN	62
VII.	LITERATURA CITADA.	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	<i>Análisis Físicos y Químicos de las muestras obtenidas de la rizósfera de Lippia graveolens</i>	42
Cuadro 2:	<i>Relación de esporas identificadas por géneros en 20 muestras del suelo en la rizósfera de (Lippia graveolens H. B. K.) del Ejido del Barreal de Guadalupe.</i>	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	<i>Esquema de los diferentes tipos de micorrizas (Popoff 2008).</i>	8
Figura 2:	<i>Clasificación de caracteres morfológicos y moleculares de los Glomeromycota (INVAM 2000).</i>	14
Figura 3:	<i>Estructuras diversas diferenciadas producidas por un hongo micorriza (INVAM 2000).</i>	19
Figura 4:	<i>Esquema de las diferentes etapas de la colonización de las raíces por HMA (Balestrini and Lanfranco 2006).</i>	23
Figura 5:	<i>Micelio externo que se extiende desde una raíz colonizada a una partícula de suelo. Foto de I. Jakobsen en (Barrer 2009).</i>	26
Figura 6:	<i>Recolección de orégano (Lippia graveolens H.B.K.) en Coahuila, México (Villavicencio, Cano et al. 2010).</i>	34
Figura 7:	<i>Estados productores de orégano (Lippia graveolens H.B.K.) en México (Villavicencio, Cano et al. 2010).</i>	36
Figura 8:	<i>Ubicación del Ejido del Barreal de Guadalupe, Municipio de Torreón, Coahuila (Domínguez 2005).</i>	38
Figura 9:	<i>Porcentajes de esporas HMA por géneros encontradas en rizósfera de Lippia graveolens H. B. K.</i>	45
Figura 10:	<i>Esporas del género Glomus aisladas de la rizósfera de Lippia graveolens a 40x. Foto tomada por Rodríguez-Morales, J.I.</i>	47
Figura 11:	<i>Distribución del Género Glomus de HMA en 20 muestras.</i>	48
Figura 12:	<i>Esporas del género Entrophospora aisladas de la rizósfera de Lippia graveolens a 40x. Foto tomada por Rodríguez-Morales, J.I.</i>	49
Figura 13:	<i>Distribución del Género Entrophospora de HMA en 20 muestras.</i>	50

Figura 14: Esporas del género <i>Acaulospora</i> aisladas de la rizósfera de <i>Lippia graveolens</i> a 40x. Foto tomada por Rodríguez-Morales, J.I.	51
Figura 15: Distribución del Género <i>Acaulospora</i> de HMA en 20 muestras.	52
Figura 16: Esporas del género <i>Archaeospora</i> aisladas de la rizósfera de <i>Lippia graveolens</i> a 40x. Foto tomada por Rodríguez-Morales, J.I.	53
Figura 17: Distribución del Género <i>Archaeospora</i> de HMA en 20 muestras.	54
Figura 18: Esporas del género <i>Gigaspora</i> aisladas de la rizósfera de <i>Lippia graveolens</i> a 40x. Foto tomada por Rodríguez-Morales, J.I.	55
Figura 19: Distribución del Género <i>Gigaspora</i> de HMA en 20 muestras.	56
Figura 20: Esporas del género <i>Scutellospora</i> aisladas de la rizófora de <i>Lippia graveolens</i> a 40x. Foto tomada por Rodríguez-Morales, J.I.	57
Figura 21: Distribución del Género <i>Scutellospora</i> de HMA en 20 muestras.	58

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Ejido del Barreal de Guadalupe, del Municipio de Torreón, Coahuila, con el objetivo de identificar la diversidad de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) en la rizósfera de *Lippia graveolens*, muestreándose 20 plantas, determinando la dominancia en géneros y el índice de Margalef. De cada muestra se colectó 500 g de suelo, procesándolos para la obtención de las esporas por el método de decantación y tamizado. Se realizó el análisis físico-químico del suelo. La identificación de las esporas obtenidas fue por las características morfológicas, obteniéndose esporas de los géneros *Glomus*, *Entrophospora*, *Acaulospora*, *Archaeospora*, *Gigaspora* y *Scutellospora*. Considerándose una diversidad alta, tomando en cuenta el tipo de vegetación y clima del desierto chihuahuense y la época en que se colectó. El género *Glomus* fue el más dominante con un 87.43%, de acuerdo a la salinidad del suelo, del cual se obtuvo un alto porcentaje de materia orgánica. Se menciona que la distribución varía considerablemente de un mes a otro; en enero las diversidades son altas, en febrero y marzo la diversidad decrece por lo que en agosto y septiembre tiene una distribución parecida ya que en el mes de noviembre nos aproximamos a la situación invernal de diversidades elevadas y uniformes. La presente investigación se realizó en octubre. El índice de Margalef, demuestra la alta diversidad encontrada en este ecosistema.

Palabras claves: Hongos Micorrízicos Arbusculares, *Lippia graveolens*, Diversidad, Dominancia e Índice de Margalef.

ABSTRACT

This work was done in the Ejido of Barreal of Guadalupe, the Municipality of Torreon, Coahuila, in order to identify the diversity of Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the rhizosphere of *Lippia graveolens*, being sampled 20 plants, determining the gender dominance and Margalef index. From each sample, 500 g of soil collected, processing for obtaining the spores by decantation and sieving method. We analyzed the soil physicochemical. The identification of spores was obtained by morphological characteristics, spores obtained genera *Glomus*, *Entrophospora*, *Acaulospora*, *Archaeospora*, *Gigaspora* and *Scutellospora*. Considering a high diversity, taking into account the type of vegetation and climate of the Chihuahuan Desert and the time that was collected. The genus *Glomus* was more dominant with an 87.43%, according to the salinity of soil, which showed a high percentage of organic matter. It is mentioned that the distribution varies considerably from month to month, in January diversities are high in February and March diversity decreases so in August and September has a similar distribution as in the month of November we approach the situation high diversities and winter uniforms. This research was conducted in October. The Margalef index, demonstrates the high diversity found in this ecosystem.

Keywords: arbuscular mycorrhizal fungi, *Lippia graveolens*, diversity, dominance and Margalef Index.

I. INTRODUCCIÓN

Los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) son todos del Phylum Glomeromycota y forman una asociación simbiótica antigua de hace 460 millones de años. Realizan simbiosis mutualista con alrededor del 80% de las plantas terrestres, principalmente con las Angiospermas, Gimnospermas, pteridofitas y algunos briofitas (Wang, Vestberg et al. 2008; Schussler, Kruger et al. 2011; Hong, Park et al. 2012; Montaña, Alarcón et al. 2012). Están presentes en los ecosistemas naturales, promueven la absorción de nutrientes en la planta (fósforo (P), nitrógeno (N), azufre (S), potasio (K), calcio (Ca), hierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn)), (Avio, Pellegrino et al. 2006; Li, Li et al. 2010; Ijdo, Cranenbrouck et al. 2011; Wang, Huang et al. 2011). Disminuyen el estrés por sequía, mejora la estructura del suelo y protegen a las raíces de las plantas de patógenos y nematodos (Li, Li et al. 2010). Forman enlaces entre componentes bióticos y abióticos del ecosistema a través del carbono y los flujos de nutrientes que entre las plantas y las micorrizas (Likar, Bukovnik et al. 2008; Opik, Moora et al. 2008).

Se ha demostrado que la diversidad de las plantas y HMA se correlacionan con la productividad funcional en comunidad (Schussler, Kruger et al. 2011). Los estudios de ecología de HMA consisten en la caracterización de las comunidades de éstos hongos, donde se determina la diversidad y abundancia relativa ha sido una práctica común (Oehl, Sieverding et al. 2003). El estudio de la ecología de las comunidades, se basa en entender la relación entre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas (Koch, Antunes et al. 2012). En la evaluación, los índices de las

especies de micorrizas suelen ser mayor en los ecosistemas naturales que los realizados en agroecosistemas (Jiao, Chen et al. 2011).

El orégano (*Lippia graveolens*) es una especie arbusto silvestres que se cosecha comercialmente como un complemento importante para los ingresos de los agricultores en las zonas semiáridas de México (Osorno-Sánchez, Torres et al. 2012). La mayoría de los estudios de *Lippia graveolens* se ha centrado en la composición química y actividades biológicas de los aceites esenciales y algunos informes científicos sobre química, caracterización de extractos polares y actividades biológicas que se encuentran en ella (Martinez-Rocha, Puga et al. 2008).

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo realizado en el Ejido del Barreal de Guadalupe fue identificar la diversidad de géneros de HMA en la rizósfera de *Lippia graveolens* y de esta manera ver la dominancia de géneros, así como el índice de Margalef.

1.1. Objetivo general

Identificar los géneros de Hongos Micorrízicos Arbusculares en la rizósfera de orégano (*Lippia graveolens* H. B. K.).

1.1.1. Objetivos particulares

- ✓ Identificar la diversidad de géneros de Hongos Micorrízicos Arbusculares en la rizósfera de orégano (*Lippia graveolens* H. B. K.).
- ✓ Determinar la dominancia de género de Hongos Micorrízicos Arbusculares en la rizósfera de orégano (*Lippia graveolens* H. B. K.).
- ✓ Calcular el índice de diversidad de Margalef en las esporas de Hongos Micorrízicos Arbusculares en la rizósfera de orégano (*Lippia graveolens* H. B. K.).

1.2. Hipótesis

En la rizósfera de *Lippia graveolens* H. B. K. existe una gran diversidad de géneros de Hongos Micorrízicos Arbusculares

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Concepto general de micorrizas

Las micorrizas son asociaciones entre ciertos hongos del suelo y las raíces de las plantas y que han estado presentes durante más de 400 millones de años (Guerra 2008; König, Wubet et al. 2010). Estos hongos dependen de la planta para el suministro de carbono, energía y de un nicho ecológico (Blanco and Salas 1997). Inicialmente estas asociaciones entre hongos del suelo y las raíces de los árboles fueron las únicas que se reconocieron como micorrizas (Aguilera, Olalde et al. 2008). Son considerados los componentes más activos de los órganos de absorción de los nutrientes de la planta, la que a su vez provee al hongo simbiote de nutrientes orgánicos y de un nicho protector (Noda 2009).

La palabra Micorriza (raíz-hongo) del griego mykes (hongo) y rhiza (raíz) propuesto por Frank en 1885 para describir la unión de dos organismos diferentes que forman un solo órgano microbiológicamente, donde ambos se benefician según Sieverding (1991) en (Salamanca and Silva 1998).

La ecología y la fisiología de las micorrizas son un apoyo crucial en las plantas terrestres bajo estrés biótico en infecciones por patógenos y abióticos para la deficiencia de agua ó nutrientes (Hause and Fester 2005).

Las micorrizas desarrollan múltiples funciones para el hospedero de las plantas, que promueven el crecimiento, desarrollo y nutrición, mejorando su tolerancia frente al estrés hídrico y agentes patógenos, que facilitan la adaptación a suelos salinos contribuyendo a disminuir el proceso de erosión (Guerra 2008; Barrer 2009).

2.2. Clasificación morfológica de las micorrizas

Las micorrizas se han clasificado de acuerdo a las estructuras, morfología e infección en dos tipos principales que son las ectomicorrizas y Endomicorrizas como se muestra en la (**Fig. 1**). Este último se divide en varios subtipos: Ectoendomicorrizas, Arbutoides, Monotropoides, Ericoides, Orquidáceas y Arbusculares que son las más comunes por Sieverding (1991) en (Blancol and Salas 1997).

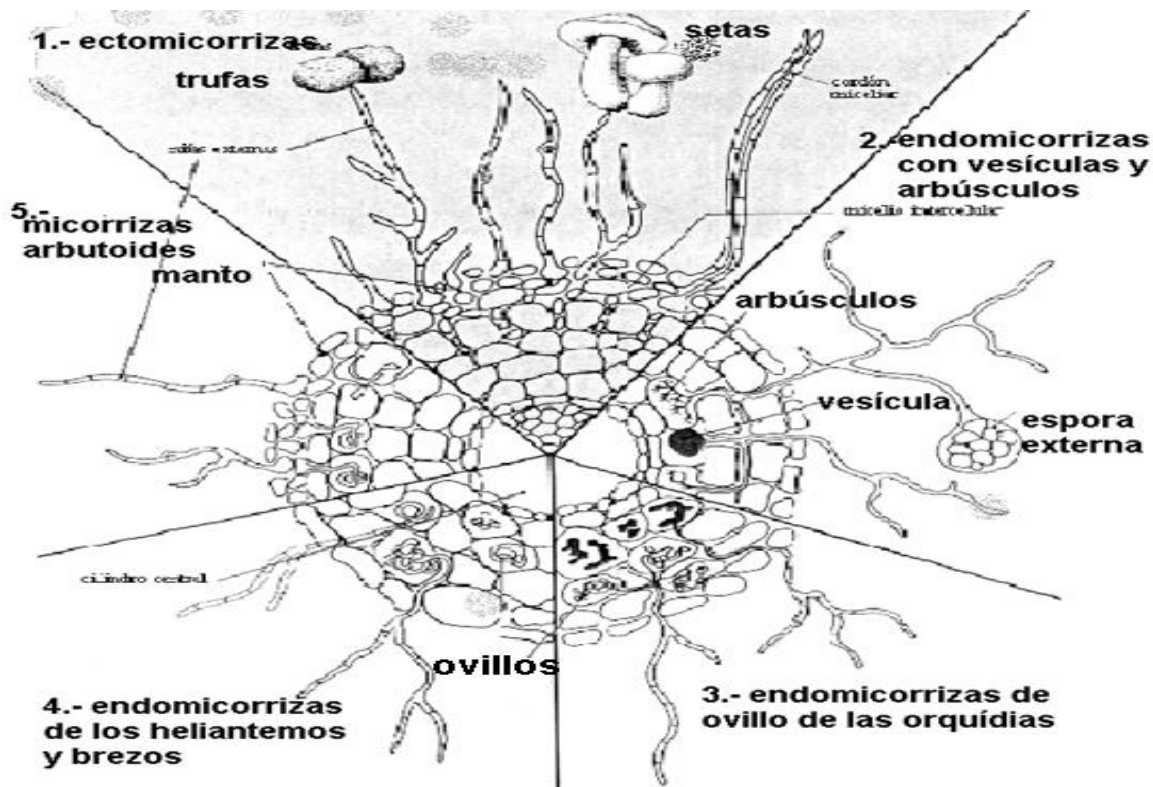


Figura 1: Esquema de los diferentes tipos de micorrizas (Popoff 2008).

2.2.1. Ectomicorrizas

La colonización de la raíz por las ectomicorrizas induce la ramificación y el engrosamiento o cambio de coloración de las raíces lo cual puede observarse visualmente en el sistema radical (Salamanca and Silva 1998). Poseen una

combinación de caracteres de los primeros tipos. Las hifas penetran dentro de la células formando tirabuzones, pero también presentan red de Harting y, en muchos casos, un manto que envuelve la raíz (De Roman and De Miguel 2000).

2.2.2. Endomicorrizas

Se desarrollan principalmente dentro de la raíz, con hifas externas no formadoras del manto de Sheating, micelio no septado, salvo en hifas adultas. Mismas que pueden ser inter e intracelulares. Las intercelulares no forman red de Harting y las intracelulares forman vesículas y arbusculos. Es el tipo de simbiosis (hongo-raíz) más común, que se establece en más del 90% de las plantas. Las micorrizas arbusculares son las más representativas de las Endomicorrizas (Román 2003).

Una vez dentro de las células, forma minúsculas arborescencias muy ramificadas que se llaman arbusculos que se encuentran comúnmente vesículas, que son los órganos de reservas del hongo. Para esta producción de vesículas y arbusculos se les llama micorriza vesículo-arbuscular, por lo tanto, mayoría de las plantas arbustivas y herbáceas poseen este tipo de asociación en casi la totalidad de las plantas cultivadas, con la excepción de las crucíferas y las quenopodiáceas (Popoff 2008).

2.2.3. Ectomicorrizas

Este tipo de micorrizas es especial porque presenta características de las ectomicorrizas como al presenciar red de Harting y manto, pero simultáneamente

presenta cierto grado de penetración intracelular, como en las Endomicorrizas. En algunos casos no se llega a formar el manto, pero siempre la red de Harting. Esta interacción se presenta en los hongos Basidiomycotina y Ascomycotina, y plantas de coníferas del género *Pinus*, aunque también se ha reportado en algunas angiospermas (plantas con flores) por Peterson y Farquhar (1994) en (Andrade-Torres 10).

2.2.4. Arbutoides

Es el tipo de ectoendomicorrizas, pues se observa que simultáneamente el hongo penetra las células radicales de las plantas y forma la red de Harting. Se presenta en las plantas de los géneros *Arctostaphyta*, *Arbutus* y *Pyrola*, integrantes del orden Ericales, conocidos como madroños. Generalmente los hongos que forman micorriza arbutoide son capaces de formar ectomicorrizas si interactúan con las plantas del género *Pinus* por Peterson y Farquhar (1994) en (Andrade-Torres 10).

2.2.5. Monotropides

Es otro tipo de ectendomicorriza que se caracteriza por establecerse solamente entre plantas de la familia *Monotropaceae* (perteneciente al orden Ericales), la cual tiene 10 géneros de plantas pequeñas completamente aclorófilas (sin clorofila), por lo que dependen mucho del hongo asociado para obtener nutrimentos (Andrade-Torres 10).

2.2.6. Ericoides o ericales

Su formación se basa en la simbiosis entre Ericáceas y Epacridácea, no presentan red ni manto, las hifas del hongo penetran las paredes gruesas de las células epidérmicas y forman una hifa intracelular compleja dentro de las células epidérmicas citado por Smith and Read (1987) en (Castillo 2009).

2.2.7. Orquidáceas

Se da por una interacción entre embrión y hongo, el cual tiene una interacción micorrízica con la formación de pelotones que luego de un tiempo se destruyen; una interacción parasítica, en que las celdas de la orquídea son invadidas por el crecimiento hifal (Castillo 2009).

2.2.8. Arbusculares

Este tipo de micorriza se caracteriza por la penetración de las hifas del hongo en las células de la epidermis y córtex de la raíz y por la ausencia de manto sobre la superficie de la misma. Esta categoría abarca los subtipos **Arum** es donde existe la penetración inicial en hongos epidermis y hipodermis es seguido por el desarrollo de las hifas a lo largo de espacios corticales aéreos intercelulares y la penetración de células corticales para formar arbusculos. **París** es donde el hongo es totalmente intracelular con hifas regulares en espiral, en algunos se forman arbusculos que no son terminal y se localiza en capas definidas (Dickson, Smith et al. 2007).

2.3. Hongos Micorrízicos Arbusculares

El Glomeromycota, el filo de hongos que contiene todos los conocidos Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA), han co-evolucionado con sus anfitriones ya que las plantas conquistaron el medio terrestre durante el Período Ordovícico más de 430 millones de años atrás (Sturmer 2012). Los HMA benefician a los ecosistemas terrestres en todo el mundo mediante el establecimiento de una asociación íntima con las raíces en la mayoría de las plantas: la simbiosis micorrízica (Johnson 2010). Crean la simbiosis fúngica más exitosa en las plantas, y en términos generales se caracteriza por la penetración del hongo en las células corticales de la raíz o la parte subterránea de la planta, siendo cada vez más reconocida como una parte importante e integral de los ecosistemas terrestres naturales del mundo. Esta asociación depende de tres pasos principales que son a) germinación de esporas, b) crecimiento de hifas y c) reconocimiento de acogida y formación de estructuras (Mandal, Chakraborty et al. 2010). Esta relación resulta en una mejora de la adquisición de nutrientes (por ejemplo el fosfato, nitrógeno orgánico, Calcio, Magnesio, Zinco, Cobre y Potasio) en el suelo por los socios de la planta, que permite obtener las fuentes de carbono (por ejemplos los azúcares) que son necesarios para la supervivencia y propagación (Gadkar, David-Schwartz et al. 2001; Gamper, van der Heijden et al. 2010; Corradi and Bonfante 2012).

Los HMA son tan antiguos como las propias plantas que se conoce su existencia por más de 400 millones de años, estimándose un 95% de especies vegetales asociadas de una forma natural de tipo simbiosis con hongos del suelo que ha sido reconocida a nivel mundial, existiendo aspectos sobre la estructura y función de las

comunidades en Agroecosistemas que no han sido estudiados (Pérez, Rojas et al. 2011).

2.3.1. Sistemática de HMA

La taxonomía o clasificación de los Hongos Micorrízicos Arbusculares se basa principalmente en la morfología de sus esporas microscópicas, cuyos diámetros pueden variar de 20 a 1000 μm , las cuales se pueden aislar del suelo cercano a raíces colonizadas. Sus esporas son estructuras de gran resistencia a condiciones ambientales adversas, con paredes rígidas y resistentes, que les permiten permanecer en el suelo con vida latente, por largos periodos y en condiciones climáticas variables (Reyes 2002).

El orden al que pertenecen estos hongos es de los *Glomales* y su clasificación se basó en características morfológicas de la pared de las esporas asexuales producidas por estos hongos. Este tipo de clasificación permitió describir lo que se denomina morfoespecies fúngicas (**Fig. 2**). Con base en lo anterior, en 1990, las aproximadamente 150 especies de HMA conocidas, se clasificaron en dos subórdenes (*Glominae* y *Gigasporineae*), tres familias (*Glomaceae*, *Acaulosporaceae* y *Gigasporaceae*) y seis géneros (*Glomus*, *Sclerocystis*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora* y *Scutellospora*), por Morton y Benny (1990) en (Varela and Trejo 2001; Tapía 2003).

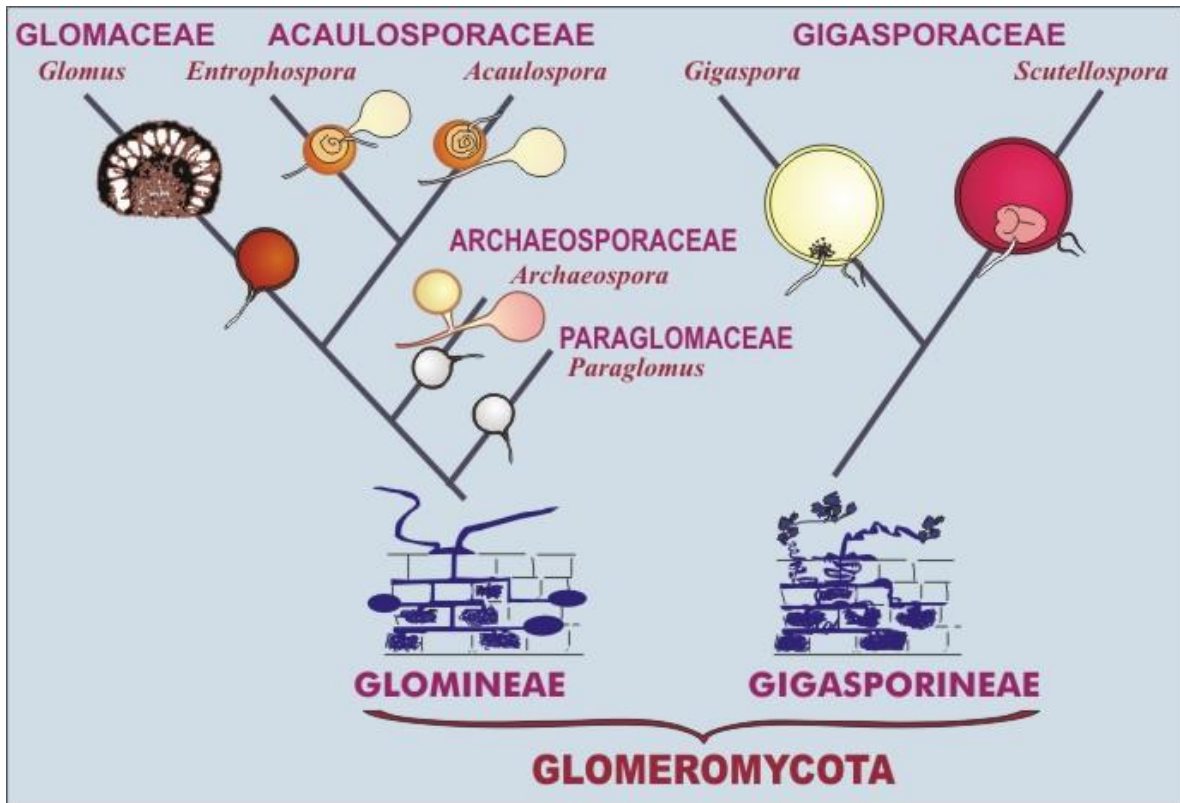


Figura 2: Clasificación de caracteres morfológicos y moleculares de los Glomeromycota (INVAM 2000).

2.3.2. Descripción de géneros de HMA

La taxonomía de los *Glomales*, así como la de otros grupos de hongos, se han basado en el estudio de las características morfológicas a partir del color, forma y tamaño; los cual ha permitido agrupar los diferentes hongos de la naturaleza (Peña-Venegas, Cordona et al. 2006).

2.3.2.1. *Glomus*

Las hifas fúngicas se diferencian dando lugar a los arbusculos, formaciones dicotómicas con apariencia de un pequeño árbol, con troncos cilíndricos, los cuales se afilan hacia las extremidades, las vesículas, son generalmente de paredes

delgadas y elipsoides. Las hifas que son constituidas superficialmente en la raíz son las hifas supraradical, las hifas que se extienden de manera radial alrededor de la raíz hospedera son hifas extraradicales pues dan al suelo estabilidad física, química y biológica, los puntos de entrada que es el lugar origen de donde parte una hifa para colonizar la célula, tras la formación de una estructura, el hongo penetra en la raíz y se extiende en la misma, estos se encuentran en la superficie de la raíz, generalmente, la colonización más vieja consta de una hifa principal y presenta abundantes vesículas, la tinción con azul de metileno es muy intensa (Castillo 2009).

2.3.2.2. *Entrophospora*

Globosa, opaca, de superficie lisa, entre 90-120 micras de diámetro, de color oliva pálido (5Y 6/3) al estereoscopio, y amarillo-oliva (2.5Y 6/6) al microscopio. Posee tres grupos de paredes: La más externa es membranosa, transparente, de menos de 1 micra de espesor. Se continúa con el sáculo, por lo que es más evidente verla cuando se aísla la espora con este. La segunda pared es laminada, de 2 a 4 micras de espesor, de color amarillo. La pared mas interna es transparente, delgada y se aprecia cuando se desprende de la laminada al escachar la espora (Peña-Venegas, Cordona et al. 2006).

2.3.2.3. *Acaulospora*

(Del griego “sin cauda”) estas se forman en una hifa suspensoria de un saco esporógeno que es una hifa terminal dilatada dos veces más grande que la espora y con una pared relativamente delgada. Las esporas se encuentran se encuentran

solitarias en el suelo o algunas veces con las raíces, ó en esporocarpios que pueden alcanzar hasta varios centímetros de longitud. Las esporas son compuestas por distintos grupos de paredes separables; la externa es continua con la pared de la columna suspensoria, puede estar pigmentada, laminada con diversas ornamentaciones; la interna puede estar compuesta por una ó más capas membranosas, hilianas, puede ser laminada, ornamentada con poros, espinas, papilas o retículas que se tiñen de color rosado, rojo ó púrpura al ser trasladada respectivamente al reactivo de Melzer (López 1998).

2.3.2.4. *Archaeospora*

Fácilmente se observan cuatro paredes: Una pared externa, de superficie irregular, mayor de 6 micras de espesor. Existe una segunda pared, que no se diferencia claramente de la pared externa, pero que se evidencia por ser la que se extiende hacia el pedicelo, ornamentada con una superficie de protuberancias convexas como pequeñas ampollas. La pared interna es, laminada, de color hialino, ornamentada con depresiones cóncavas redondas de 2 micras que se distinguen más fácilmente que las protuberancias de la pared anterior, seguida de una pared mas interna (Peña-Venegas, Cordona et al. 2006).

2.3.2.5. *Gigaspora*

Espora: Globosa, grande, de 200 a 240 micras de diámetro, opaca, de color amarillo pálido a amarillo (5Y 8/3 a 8/8). **Paredes de la espora:** se distinguen dos paredes

que forman un único grupo: una externa, laminada con color de 5 micras de espesor, y una pared interna más clara, rígida de 2 micras de espesor. **Célula suspensoria:** con forma de perilla, de 60 micras de largo por 40 de su parte más ancha. El punto de conexión con la espora es de 8 micras. La pared de la célula suspensoria está formada por la continuación de las dos paredes de la espora. Hacia la parte más distal la pared interna se adelgaza, quedando solo la externa que se prolonga hacia la hifa. La pared de la hifa es de 2 micras de espesor. El ancho total de la hifa es de 14 micras de espesor (Peña-Venegas, Cordona et al. 2006).

2.3.2.6. Scutellospora

Espora: Globosa, de 120 a 280 micras de diámetro, transparente a amarillo pálido (5Y 8/3-8/4). **Paredes de la espora:** Presenta dos grupos de paredes: el grupo externo está formado por una pared hiliar externa, seguida por una pared laminada, transparente a amarillo pálido, de 4 micras de espesor. Al microscopio con contraste de interferencia, aparece la superficie levemente ondulada, simulando una ornamentación muy sutil. Sin embargo, esta característica no ha podido ser verificada como una ornamentación verdadera, pudiendo ser el efecto del juego de lentes y luz. El grupo de paredes internas está formado por aproximadamente 3 capas de paredes membranosas, transparentes, delgada, que tienden a arrugarse. **Célula suspensoria:** En forma de perilla, de 25-35 micras de ancho, pared delgada, transparente, que se continúa con una hifa igualmente transparente y delgada que puede o no presentar septos (Peña-Venegas, Cordona et al. 2006).

2.3.3. Estructura de HMA

Abbott y Robson (1991) en (Tapía 2003) mencionan que las estructuras que forman los hongos micorrízicos arbusculares son: esporas, arbusculos, vesículas e hifas **(Fig. 3)**. En las estructuras de los HMA, el hongo invagina la membrana de la célula vegetal sin romperla y va produciendo una estructura ramificada a la que se le denomina “arbusculos” o bien se enrolla formando una envoltura para multiplicar el contacto entre las dos paredes celulares. Si los arbusculos provean de una amplia área de contacto del hongo y la planta al transferir nutrientes entre ellos se han encontrado evidencias de que el intercambio puede llevarse a cabo además en la interface que es producto de la pared de la célula cortical y las hifas intercelulares (Vega 2011).

La planta generalmente tiene pocos pelos radicales y el hongo provee un contacto íntimo con el suelo a través de las hifas extrarradicales que se conectan a las raíces **(Fig. 3)** en distintas especies de plantas que incrementa las absorción de agua y nutrientes, como es el fósforo, promoviendo el desarrollo de la planta, que dentro de ellas produce estructuras llamadas vesículas las cuales contienen abundantes lípidos. Una vez que el hongo esté establecido vigorosamente en el suelo, producen esporas de origen asexual (Vega 2011).



Figura 3: Estructuras diversas diferenciadas producidas por un hongo micorriza (INVAM 2000).

2.3.3.1. Hifas

Hifas intrarradical se originó a partir de un único punto de entrada que han limitado el crecimiento, la formación de una unidad "infección o colonización" de un tamaño regulado por las interacciones huésped-hongo. Las hifas externas son de diversas morfologías y funciones, que van desde la "hifa infecciosa" a "absorción" de las hifas fértiles que son las esporas. Estas infecciones o colonizaciones son constantes en las familias *Glomeaceae*, *Acaulosporaceae* y por lo menos en *Gigasporaceae* (INVAM 2000). Las hifas son una valiosa fuente de alimento para muchos microorganismos del suelo como bacterias, hongos, nematodos, entre otros, que debido a sus efectos beneficiosos en los ecosistemas terrestres, que son ampliamente utilizados en la agricultura orgánica y en viveros para mejorar el crecimiento de las especies económicamente importantes (Corradi and Bonfante 2012).

2.3.3.2. Esporas

Las esporas de las Endomicorrizas son de tamaño grande (20 a 500 pm); su forma puede ser globosa, elíptica, ovoide, reniforme, claviforme o irregular, además de poseer una gran gama de colores que ayuda también a su identificación. Algunas especies forman esporocarpios, mientras que otras forman esporas solas, ya sea en el interior o exterior de la rizósfera; las esporas extraradicales son producidas por las hifas gruesas del micelio externo (Tena 2002). Las esporas de todos los hongos arbusculares forman uno o más tubos germinales. Sin embargo, los de los hongos en *Gigaspora* son las más infecciosas de todos los géneros de tal manera que si las esporas están en una condición saludable se puede obtener el 100% de una sola espora de [*G. gigantea*](#) (INVAM 2000).

2.3.3.3. Micelio

A la colonización de la raíz en el suelo, el hongo desarrolla una red de micelio que constituye la fase extraradical de la simbiosis, que es la principal responsable de la absorción de nutrientes minerales que son cedidos a la planta. Estos se encuentran protegidos por la raíz que son desarrollados directamente en el suelo, expuestos a condiciones ambientales y a la acción de otros microorganismos del suelo que son de gran importancia para el desarrollo de las plantas, equilibrio de las poblaciones microbianas, formación de agregados estables en el mismo y mantenimiento de su estructura (González 2005).

2.3.3.4. Arbúsculos

Es una estructura especializada, compartida morfológicamente por todas las especies de hongos micorrízicos Arbusculares. Forman un interfaz entre el tejido de los hongos y la membrana plasmática. Este interfaz se piensa que es el mayor sitio de intercambio de nutrientes y de carbono entre ambos socios y que se considera como la estructura clave para el establecimiento de la simbiosis funcional. Los arbúsculos son generalmente de corta duración (1-3 semanas), estas se encuentran en las raíces jóvenes delgadas. La formación de los arbúsculos es controlada por la planta huésped y los números de arbúsculos dependen de las especies de plantas, la disponibilidad de nutrientes (Adriano 2005).

2.3.3.5. Vesículas

Son llenas de lípidos como el saco de las estructuras formadas dentro de las raíces. Sus funciones son en primero lugar como órganos de almacenamiento, pero también funcionan como medios de propagación. Se forman únicamente por miembros de las familias *Acaulosporaceae* y *Glomeraceae* en (Adriano 2005). En la familia *Glomeaceae*, las vesículas son generalmente ovoides a elipsoides, mientras que los de *Acaulosporaceae* a menudo son elipsoides a irregular y/o nudosa (INVAM 2000).

2.3.4. Mecanismos de colonización

La colonización del hongo se extiende por la epidermis y el parénquima cortical, nunca penetra los tejidos vasculares y meristemáticos. Después de la penetración,

las hifas producto de la germinación de las esporas, comienzan la colonización del tejido parenquimático de la raíz, generando al nivel del córtex, arbusculos y vesículas como se muestra en la (**Fig. 4**), por Harley (1983 a) en (Tapía 2003). La penetración se caracteriza por la producción localizada de la pared de enzimas de la degradación hidrolítica por el hongo, aplicación de presión hidrostática y la punta de las hifas (Gadkar, David-Schwartz et al. 2001). Las esporas pueden considerarse solamente uno de los tipos de propágulos de los hongos endomicorrízicos debido a que las raíces de las plantas se colonizan también por trozos de micelio activo que se ramifica para desarrolla la infección. El inicio de la colonización de la planta y con ello la formación de la simbiosis comienza con la germinación de las esporas de resistencia en el suelo cuando las condiciones de temperatura y humedad son favorables o bien cuando el crecimiento de hifas a partir de propágulos del suelo que se encuentra cerca del sistema radical susceptible (Aguilera, Olalde et al. 2008).

El desarrollo de las micorrizas arbusculares varia con el pH, tipo y profundidad del suelo, vegetación, grado de perturbación del sistema, contenido de humedad y materia orgánica del suelo, prácticas agrícolas, uso de agroquímicos y rotación de cultivos, mencionado por Abbott y Robson (1991) en (Tapía 2003).

El nivel de fósforo, el uso, aplicaciones de fertilizantes sean de nitrógeno o fósforo y tipo de fertilizantes afectan gravemente la colonización micorrízica. El grado de disminución o aumento en los niveles de colonización micorrízica arbuscular no solo depende del nivel del fósforo sino también de nitrógeno suministrado o con la cantidad de carbohidratos presentes en la raíz (Tapía 2003).

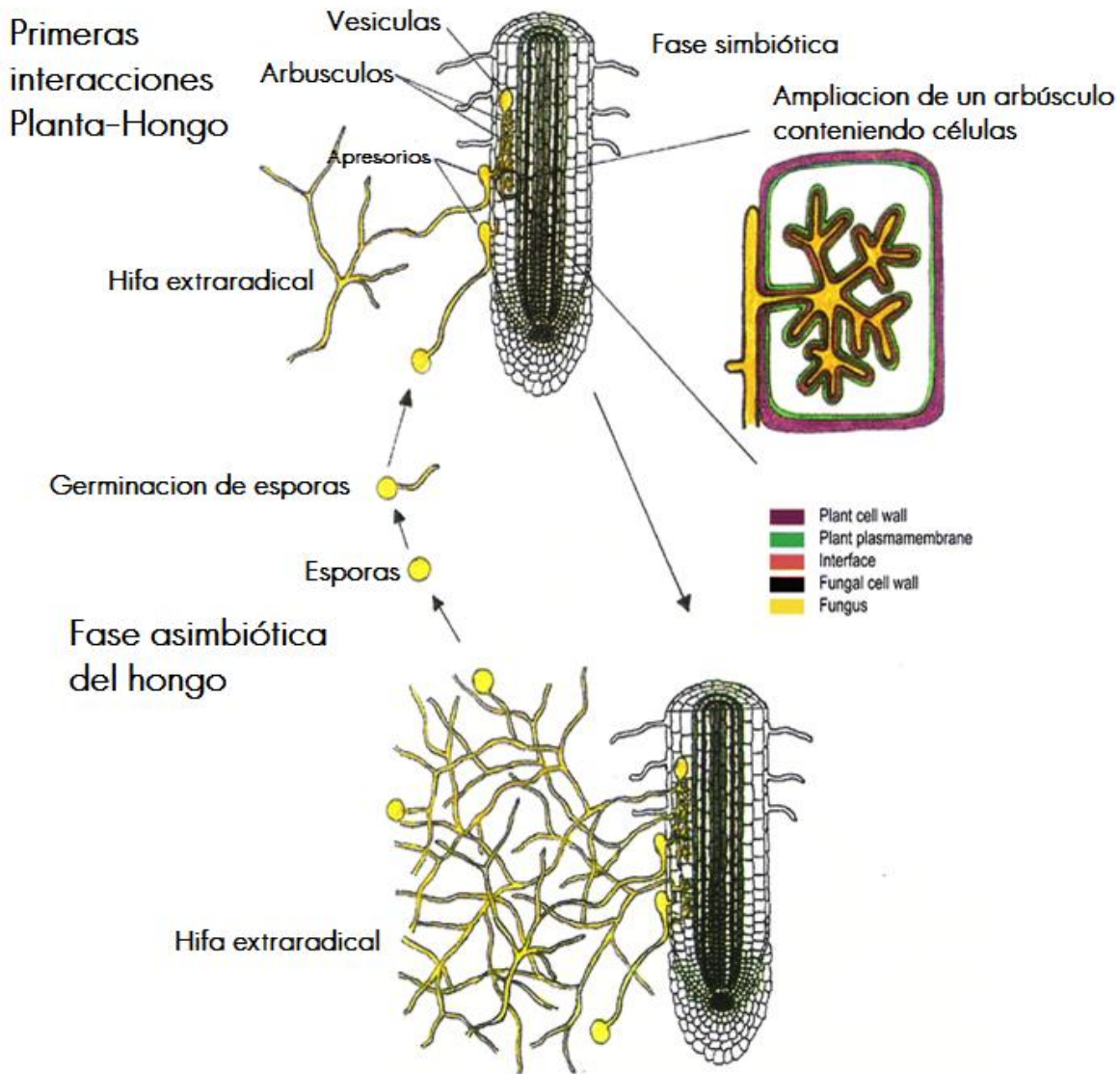


Figura 4: Esquema de las diferentes etapas de la colonización de las raíces por HMA (Bailestrini and Lanfranco 2006).

2.3.5. Efectos nutricionales de HMA

La nutrición mineral en relación a las micorrizas arbusculares es uno de los aspectos más estudiados de la simbiosis, debido a la importancia que esta tiene en el desarrollo vegetal, con implicaciones en áreas tan diversas como la nutrición

humana, agricultura sostenible o la biodiversidad de los ecosistemas terrestres (González 2005).

Azcón-Aguilar & Barea (1992) en (Alarcon, Hernández-Cuevas et al. 2012) mencionan que los HMA son considerados componentes claves de la microbiota del suelo, que llevan actividades cruciales para el establecimiento, nutrición, desarrollo y salud de las plantas, en (Varela and Trejo 2001). Permiten a las plantas extraer los elementos con más eficacia. Este efecto es muy evidente en el caso del fósforo, un elemento muchas veces limitante y que puede quedar inmovilizado en el suelo (Alarcón, Hernández-Cuevas et al. 2012).

En general, una gran parte del efecto en el desarrollo de raíces colonizadas con hongos micorrízicos, es causado por aumentos en absorción de fósforo, particularmente de las fuentes donde se encuentra en forma soluble (Gil 2009).

2.3.6. Influencia de HMA con la absorción de Fósforo

El fósforo es un crítico micronutriente para el desarrollo de plantas y es a menudo un factor limitante en muchos suelos debido a su falta de movilidad y disponibilidad. Por lo tanto, las plantas han desarrollado un juego de estrategias de adaptación para superar la deficiencia de P, entre las que se forma una mutación simbiótica con los Hongos Micorrízicos Arbusculares que pertenecen al *phylum Glomeromycota*. Su principal distribución al ecosistema es la transferencia de agua y nutrientes minerales, en especial el fosfato para sus plantas hospederas en el 80% de plantas vasculares terrestres (Gu, Chen et al. 2011).

La razón principal para éste fenómeno, es que los iones de fosfato inorgánico se unen rápidamente a coloidales del suelo o se fijan como sales de fierro o aluminio volviéndose relativamente inmóviles. Esto se debe a que las plantas lo requieren relativamente grandes cantidades, pero que también se encuentran en concentraciones muy bajas en la solución del suelo. A causa de esa baja concentración en la solución del suelo, el flujo de masas hacia el sistema radical de la planta es insuficiente para cubrir normalmente los requerimientos de fósforo (Aguilera, Olalde et al. 2008).

2.3.7. Impacto de las micorrizas arbusculares en la sostenibilidad

Con respecto a la importancia de la micorriza en la fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados, se ha comprobado que ésta simbiosis tienen un efecto benéfico, ya que inmoviliza los metales en la raíz, reduciendo su traslación a la parte aérea de la planta y, en consecuencia, el flujo de metales a la cadena trófica (Pawlowska and Blaszkowski 1996).

Las micorrizas arbusculares (MA) puede subsistir en suelos altamente contaminados con metales pesados. Varios metales son fungitóxicos, en razón de la cual reducen la germinación de las esporas, el crecimiento micelial y, consecuentemente la colonización micorrízica, por Jamal (2002) en (Guerra 2008).

2.3.8. Usos de los HMA

El uso de los Hongos Micorrízicos Arbusculares en la agricultura ha tenido gran potencial debido a que facilitan la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que las plantas micorrizadas poseen una ventaja importante con respecto a las no micorrizadas. La importancia de los HMA en la agricultura radica en que su extenso micelio extra radical se forma un vínculo entra la planta y el suelo (**Fig. 5**), que al darse la asociación planta-hongo, las plantas presentan ventajas en cuanto a la absorción de nutrientes de poca movilidad como el P con respecto a las plantas no micorrizadas, ya que en las primeras el micelio se extiende a una mayor distancia en el suelo que los pelos radicales de las plantas no micorrizadas (Barrer 2009).

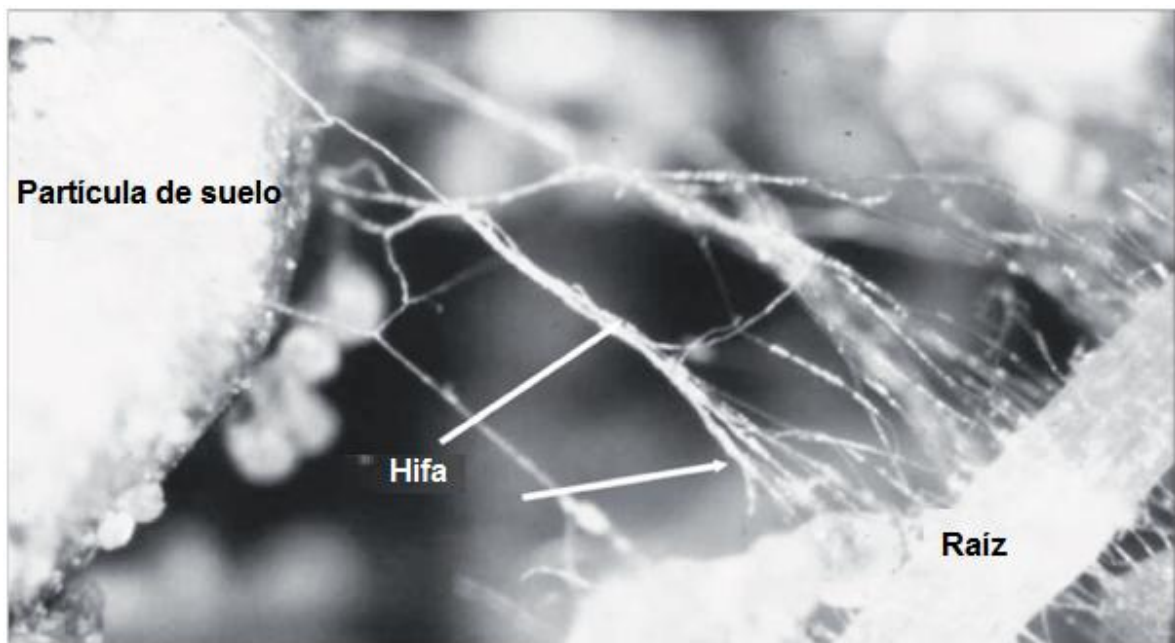


Figura 5: Micelio externo que se extiende desde una raíz colonizada a una partícula de suelo. Foto de I. Jakobsen en (Barrer 2009).

Puede deducirse que el uso de las micorrizas puede ser una herramienta útil para acercarnos a una agricultura sustentable, existiendo una creciente conciencia

ambiental, debido a ello, está aumentando la demanda de productos de certificación orgánica, es decir, aquellos con la garantía de que durante su fase de cultivo y procesamiento no se han utilizado sustancias químicas artificiales. El desarrollo óptimo de los cultivos demanda el aporte de fertilizantes minerales como nitrógeno, fósforo así como pesticidas que al usarlo es costoso que produce contaminación ambiental en el suelo y agua. Los microorganismos rizosféricos fomentan crecimiento, nutrición vegetal y un desequilibrio en sus funciones ocasiona pérdida de productividad sostenida. Sin embargo, las micorrizas deberían recibir un reconocimiento como componentes importantes del sistema planta-suelo, estudiada en principio como una asociación mutualista que estabiliza el suelo, creando equilibrio biológico y buen reciclaje de nutrientes en ecosistemas terrestres por Bago, et al., (2002) en (Vega 2011).

2.3.9. Diversidad de la comunidad de HMA en el ecosistema

2.3.9.1. Diversidad de HMA en los agroecosistemas

Klironomos y otros (2000) en (Lara 2003) menciona que la diversidad de especies de HMA en ecosistemas naturales es alta y en los agroecosistemas donde el manejo es intensivo baja, debido a la estrecha relación que guardan con sus colaboradores nativos.

Es importante destacar que en micro y macrosmos artificiales se ha determinado que la composición y riqueza de especies de HMA contribuye de manera importante en

la composición de especies vegetales, variabilidad, productividad y biodiversidad del ecosistema (Varela and Trejo 2001).

En el primero de los casos la alta diversidad puede basarse principalmente en la gran variedad de especies de plantas que en dichas comunidades cohabitan. La alta diversidad en los sistemas de manejo agronómico poco tecnificados puede dar a una producción agrícola más sostenible a condición de que cada especie fúngica beneficie la producción vegetal bajo ciertas circunstancias específicas (Lara 2003). Sin embargo, en los agroecosistemas intensamente manipulados la limitada diversidad de especies fúngicas de ninguna manera desmerece su potencial benéfico bajo una amplia gama de condiciones ambientales y edáficas (Lara 2003).

2.3.9.2. Ventajas de los HMA en los Agroecosistemas

Los hongos micorrízicos arbusculares pertenecen al *phylum Glomeromycota*, son el componente principal de la microbiota del suelo en la mayoría de los agroecosistemas y forman la asociación simbiótica con la mayoría de las plantas (Khade and Rodríguez 2009).

En los ecosistemas y agroecosistemas, los HMA, son de gran importancia por los que mediante la simbiosis las plantas pueden obtener nutrientes minerales del suelo, para mejorar la tolerancia a estreses bióticos y abióticos, reduciendo competencia entre plantas mediante la transferencia de carbono a través de la red de hifas extraradicales modulando la diversidad y productividad de plantas. Es atribuido en la toma de nutrientes tales como: Zn, Cu, para producir sustancias promotoras de crecimiento, tolerancia, salinidad, estrés por transplante, resistencia a plantas por

fitopatófagos e interacción con otros microorganismos benéficos del suelo. El incremento en la nutrición mineral aumentan contenidos de clorofilas y como consecuencia una alta tasa fotosintética (Pérez, Rojas et al. 2011).

2.4. Diversidad alfa en Hongos Micorrízicos Arbusculares

La diversidad o riqueza de un sitio puede entenderse como un número total de especies obtenidas por un censo de la comunidad (Vega 2011).

En una primera aproximación la diversidad alfa o diversidad puntual a un concepto claro y de fácil uso, es el número de especies presentes en un lugar. Una diferencia se refiere a que medimos la riqueza de especies de una muestra territorial o la riqueza de especies de la muestra de una comunidad. Consideramos como punto o lugar en relación al análisis de la riqueza en especies, la extensión mínima en términos de espacio y tiempo que contiene una muestra del conjunto de una comunidad. Prescindiendo de asociar la diversidad alfa con una extensión territorial fija, este valor puede expresarse como: 1) El número de especies que tiene una comunidad en un punto determinado (*diversidad alfa puntual*). 2) Un promedio de valores puntuales correspondientes a diferentes lugares dentro de un paisaje ocupado por una misma comunidad (*diversidad alfa promedio*). 3) El número de especies que se colecta en un punto determinado en un cierto lapso de tiempo (*diversidad alfa acumulada*) (Halffter and Moreno 2005)

2.4.1. Medición de la diversidad alfa

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Los métodos basados en la estructura pueden a su vez clasificarse según se basen en la dominancia o en la equidad de la comunidad. Para medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales (Moreno 2001).

2.4.2. Medición de la riqueza específica

La riqueza específica (S) es la forma 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 mediante el índice de diversidad de Margalef (Moreno 2001).

2.5. Respuesta de las comunidades de HMA ante el cambio del suelo

La creciente degradación de los hábitats y el cambio de uso de suelo en varias regiones, seguramente ejercen un efecto negativo en la diversidad de HMA. La densidad de esporas y la riqueza de especies son generalmente más altas en los sitios naturales que en los sitios cultivados por Tchabi, (2008) en (Vega 2011).

2.6. *Lippia graveolens* H.B.K.

El Orégano (*Lippia graveolens* HBK.) es una especie forestal no maderable que se desarrolla en las zonas tropicales, templadas, áridas y semiáridas de México (Flores 2009; Cazares, Villavicencio et al. 2010). Por sus características aromáticas es referida comercialmente en el mercado internacional como orégano mexicano, siendo una planta aromática perenne de tipo arbustivo que se obtiene a nivel nacional una producción anual de hoja seca de 6,500 ton, de ellas 90% se destina al mercado de exportación; ya que el principal derivado es el aceite, el cual tiene su uso en la industrias de alimentos procesados, como también en las licorerías, refresquerías, farmacéuticas y cosmetológicas (Soto 2007; Villavicencio, Cano et al. 2010). El orégano es el nombre común de un condimento, aplicado a más de 60 especies y subespecies pertenecientes a la familia Laminaceae y Verbanaceae. De entre todas las especies vegetales de Orégano, sobresale (*Lippia graveolens* H. B. K.) como una planta de mayor importancia, por sus diversos usos cotidianos en medicinales e industriales (Ocampo-Velázquez, Malda-Barrera et al. 2009).

2.6.1. Descripción de *Lippia graveolens* H. B. K.

El orégano es un arbusto que alcanza hasta 2.5 m de alto y desarrolla en promedio 1.20 m de follaje. Las plantas tienen sus tallos ramificados con gran cantidad de hojas, los que constituyen la parte aprovechable. Las hojas, son de 1 a 3 cm de largo y de 0.5 a 1.5 cm de ancho. Las flores son pequeñas, de color blanco y forman inflorescencias en racimos; los frutos son pequeñas cápsulas que contienen las

semillas de color café, no mayores de 0.25 mm. Caen cada año al iniciar el invierno y vuelven a brotar en el siguiente verano (Huerta 2002).

2.6.2. Taxonomía de *Lippia graveolens* H. B. K.

Según el Instituto Nacional de Ecología (INE 2007) la clasificación taxonómica de esta planta es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsidae

Orden: Lamiales

Familia: Verbenaceae

Género: *Lippia*

Especie: *L. graveolens*

2.6.3. Usos y productos de *Lippia graveolens* H. B. K.

En investigaciones realizadas, las especies de orégano poseen propiedades extraordinarias por la composición química que éstas tienen. Las hojas y los tallos contienen aceites esenciales, sustancias tónicas, un principio amargo, goma-resina, entre otras; la esencia tiene como componentes el carvacrol, timol, alfafineno, cimeno, levógiro, terpenos principalmente. En base a sus propiedades, especialmente en México, se usa para condimentado de alimentos, medicinas populares en forma de infusiones para tos, cólicos, padecimientos de los riñones, fiebre y enfermedades respiratorias (Ku 2008; Flores 2009). La hoja seca, se utiliza como conservador natural y potencializado del sabor de alimentos, teniendo gran

valor en Europa y Estados Unidos donde se manufacturan embutidos, comida en fresco y enlatada (Villavicencio, Cano et al. 2010).

2.6.4. Asociación de *Lippia graveolens* H. B. K. con otras especies

En el estrato arbustivo: Hojasén (*Flourenzia cernua*), Escalerilla (*Virguiera stenoloba*), Mariola (*Parthenium incanum*), Gobernadora (*Larrea tridentata*), Tasajillo (*Opuntia leptocaulis*), Ocotillo o Albarda (*Fouquieria splendens*), Maguey manso (*Agave salmiana*), Lechuguilla (*Agave lechuguilla*), Coxonostle (*Opuntia imbricata*), Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), Guayule (*Parthenium argentatum*), Palma samandoca (*Yucca carnerosana*), Sotol (*Dasyilirion cedrosanum*), Mimbres (*Chilopsis linearis*), y diferentes especies de cactáceas: Mezquite (*Prosopis ssp*) y Huizache (*Acacia farnesiana*); son especies asociadas del estrato arbóreo de *Lippia* (Morales 2005; Villavicencio, Cano et al. 2010).

2.6.5. Aprovechamiento de *Lippia graveolens* H. B. K.

En diversas regiones de México la recolección se hace de manera manual, no es una actividad adecuadamente retribuida debido a las fluctuaciones del mercado; por ejemplo, la hoja se comercializa sin darle ningún valor agregado, la recolección se realiza sin ningún tipo de manejo que permita la recuperación de la población natural porque coincide la época de corte con la de floración y esto limita su propagación al no madurar la semilla (Morales 2005). El método utilizado para el aprovechamiento de orégano es la defoliación y, se practica en la comarca lagunera (**Fig. 6**) y no es

recomendable, porque provoca la muerte progresiva de la planta por González (1994) en (Morales 2005). Por ser un recurso forestal renovable importante, el orégano se está apoyado en normas y recomendaciones técnicas que permitan óptimo aprovechamiento y la conservación del recurso; así como, prevenir la incidencia de incendios y el sobre pastoreo, ya que el lugar donde se desarrolla éste, existe escasa vegetación (Huerta 2002).

En México debido al uso comestible y medicinal del orégano *L. graveolens*, se ha visto en la necesidad de regular su extracción por las normas oficiales mexicanas las cuales son: **NOM-005-RECNAT-1997** y **NOM-007-RECNAT-1997** (Castro 2004).



Figura 6: Recolección de orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) en Coahuila, México (Villavicencio, Cano et al. 2010).

2.6.6. Importancia económica de *Lippia graveolens* H. B. K.

La situación económica a través del proceso agroindustrial, es muy promisorio, siempre y cuando se pueda garantizar una producción uniforme, tanto en su calidad como en el volumen de producción. Sin embargo, el orégano es un recurso silvestre de zonas con alto grado de marginación, siendo necesario que se realice un buen manejo de acuerdo a la norma oficial mexicana mencionada anteriormente, para el adecuado aprovechamiento y así garantizar un desarrollo sustentable en las regiones donde se localice (Morales 2005).

2.6.7. Producción de *Lippia graveolens* H. B. K.

2.6.7.1. En México

La región conformada ésta en los estados de Chihuahua, Durango, Tamaulipas y Coahuila en donde se localizan las principales áreas productoras de orégano. Le siguen en orden de importancia los estados de Jalisco, Zacatecas, Durango, Querétaro, Sinaloa, Hidalgo y Baja California como se observa en la **(Fig. 7)**. Las poblaciones de orégano del norte se localizan en zonas áridas y semiáridas donde se localizan otros recursos no maderables de importancia como la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) y candelilla (*Euphorbia antisiphylitica*) en las que en conjunto aportan 32% de producción a nivel nacional como recurso no maderable (Villavicencio, Cano et al. 2010).

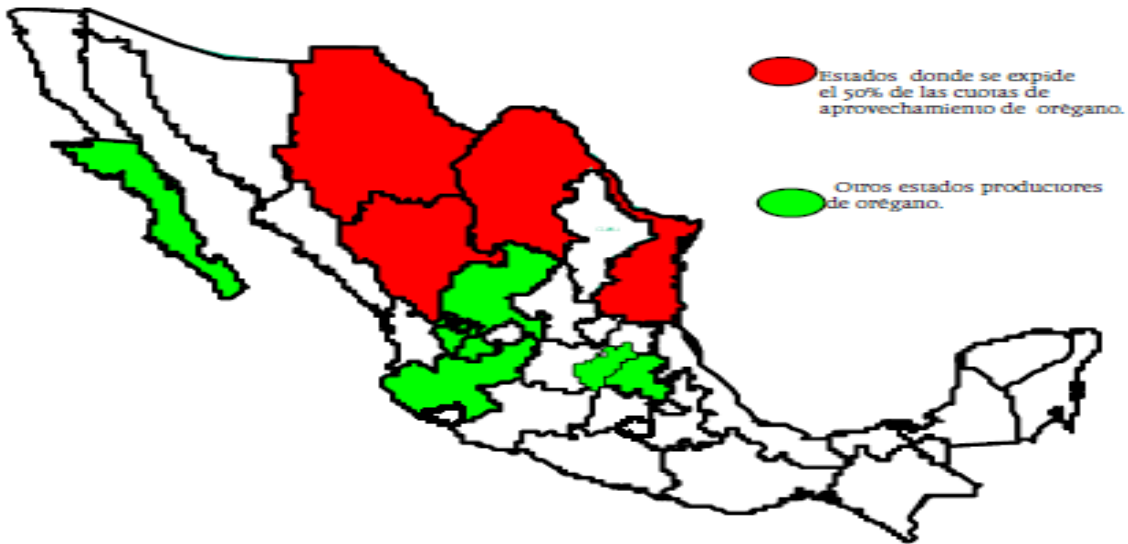


Figura 7: Estados productores de orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) en México (Villavicencio, Cano et al. 2010).

2.6.7.2. En Coahuila

En las zonas áridas y semiáridas del sureste del estado de Coahuila, ya que se ha estado aprovechando de una manera intensiva por más de 40 años, ubicando las áreas oreganeras en una región del Desierto Chihuahuense de 30, 000 ha donde se distribuyen poblaciones naturales del orégano comercial. El aprovechamiento se realiza en ocho municipios como Parras de la Fuente, General Cepeda y Ramos Arizpe donde se obtiene mayor producción con un promedio de 700 ton de hoja seca como se muestra en la. En el estado se aporta el 11% de la producción a nivel nacional, teniendo gran impacto social que derramando 5.6 millones de pesos, haciendo que ésta actividad genere empleos (Villavicencio, Cano et al. 2010). En el estado de Coahuila, la producción de orégano es de 700 toneladas anuales por los que en el Ejido el Barreal de Guadalupe se alcanzan 70 toneladas anuales, de las que se aprueban entre 25-30 ton.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Caracterización del área

La comarca Lagunera se localiza entre los 102.083333 y 104.583333 de longitud oeste y los paralelos 24.4166667 y 26.9166667 de latitud norte y el municipio de Torreón, Coahuila; es uno de los territorios integrantes de dicha región (CETENAL 1972).

El estudio se llevó a cabo en el Ejido del Barreal de Guadalupe, municipio de Torreón, Coahuila, México, que se localiza entre las coordenadas geográficas 25.0069444 de latitud Norte y 103.2525 Oeste y con una altitud de 1365 msnm. **(Figura 8)**. El clima presente en la zona pertenece a la clasificación Bwhw(e) que se refiere a clima seco, con temperatura media anual de 18 °C, cuya estación más seca es en invierno, y el mayor porcentaje de lluvia es en verano, con una precipitación media anual que no rebasa los 200 mm al año (CONAGUA 2004) y la vegetación es de matorral rosetófilo predominan especies arbustivas o subarbustivas de hojas alargadas y angostas agrupadas en forma de roseta y matorral micrófilo predominan elementos arbustivos de hoja o foliolo pequeño; de altura variable (1 a 3m, con eminencias aisladas de hasta 6m) de acuerdo a su composición florística y las condiciones ambientales (Villareal 2001).

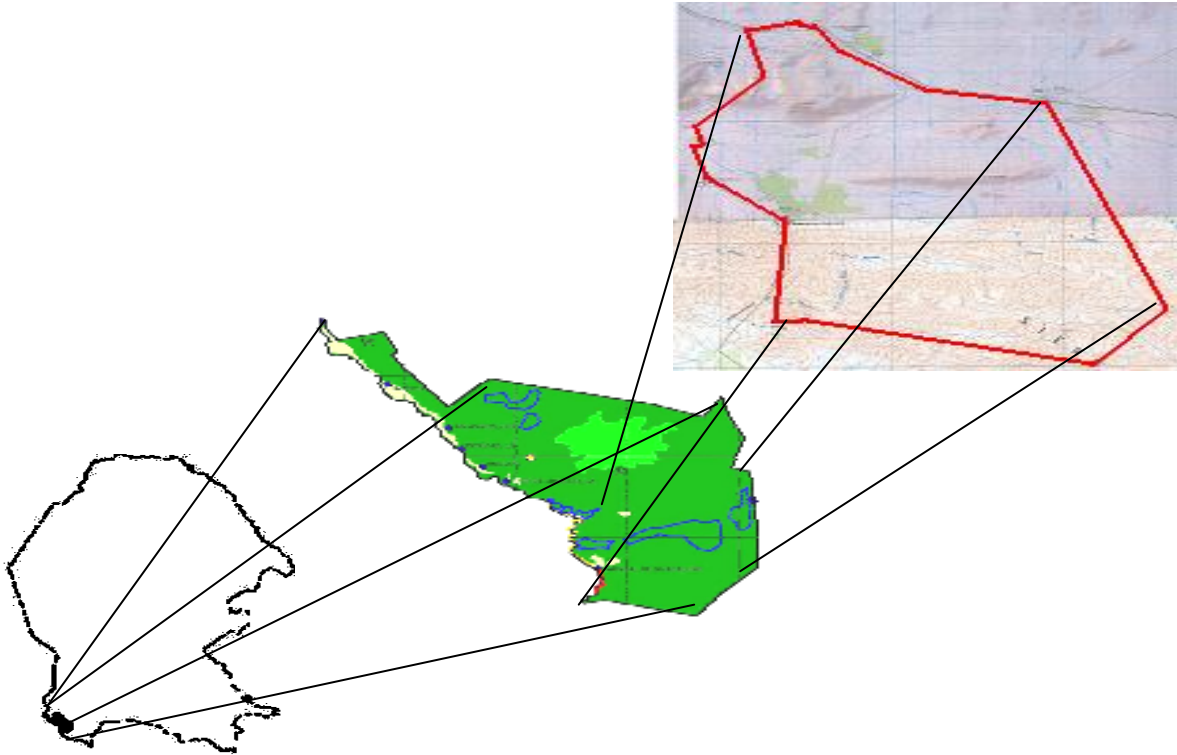


Figura 8: Ubicación del Ejido del Barreal de Guadalupe, Municipio de Torreón, Coahuila (Domínguez 2005).

3.2. Descripción del experimento

3.2.1. Recolección de muestras

Estas fueron obtenidas de un ecosistema natural. Se identificaron 20 plantas de Orégano (*Lippia graveolens* H. B. K.) con características similares (un metro de altura y buen desarrollo foliar). Se colectó aproximadamente 500 g de suelo de la rizósfera en un ecosistema natural tomando a 15 cm de profundidad en bolsas de polietileno, de cada una de las plantas, el día 16 de Octubre del 2011. Estas se secaron a temperatura ambiente y se mantuvieron a 4 °C. Hasta el momento de su procesamiento.

3.2.2. Análisis físico-químico del suelo

Fueron 20 muestras de las que se hizo una mezcla, obteniendo un sólo muestra para la determinación de los análisis físico-químicos del suelo se peso una sola muestra para sacar textura por el método de Hidrómetro de Bouyoucos, el pH con el Potenciómetro, Conductividad eléctrica por medio del Conductivímetro, materia orgánica por el método de Walkley y Black modificado, Nitrógeno total por el método de Kjeldahl y Fósforo en ppm por el método de Olsen que se realizó en el Laboratorio del Departamento de Suelos de la UAAAN-UL.

3.3. Extracción de esporas

Las esporas se separaron del sustrato por el método del decantado y tamizado húmedo (Gerdemann & Nicolson, 1963), con algunas modificaciones. Las esporas separadas del sustrato se utilizaron para su conteo y agrupación en morfotipos citado por (Peña-Venegas, Cordona et al. 2006).

1. Se pesaron 50 g de sustrato, se mezclaron vigorosamente con agua y se centrifugaron a 2500 rpm durante 4 min.
2. El sobrenadante, conteniendo una gran parte de los materiales orgánicos gruesos de suelo, esporas destruidas, trozos de raíz y otros materiales poco densos, se eliminó.
3. Seguidamente, el sustrato decantado se mezcló y suspendió en una solución de sacarosa al 70% y se centrifugó a 3350 en las mismas condiciones anteriores.

4. Esta vez el sobrenadante se vertió sobre una serie de tamices de 325, 200, 149 y 30 μm de luz, se lavó con agua corriente y se arrastró a la caja petri para su observación microscópica bajo lupa estereoscópica a 10-40X de aumento.

5. Se separaron todos los tipos de espora presentes (según su tamaño, forma y color), se cuantificaron y se identificaron en géneros de HMA en los casos que era posible.

3.4. Determinación de géneros de HMA

Una vez que las esporas fueron extraídas directamente del suelo, en seguida se procedió a la elaboración de preparaciones de los medios de montaje en laminillas divididas en dos secciones para el PVLG (Polivinil-lactoglicerol) o bien el PVLG: Melzer, sellándolas con esmalte transparente en los bordes para una larga duración que posteriormente se rotularon las placas conforme al número de muestra y fecha, lo que permitió realizar una observación minuciosa para ver correctamente sus características morfológicas. Actualmente el montaje más recomendado es el PVLG: Polivinil-lactoglicerol y PVLG:Melzer tomando en cuenta las características de las paredes de las esporas (Sánchez, Posada et al. 2010). Finalmente para el proceso de la identificación de esporas micorrízicas se hizo el uso eficiente los estudios realizados de (López 1998; INVAM 2000; Peña-Venegas, Cordona et al. 2006; Sánchez, Posada et al. 2010), y de literatura especializada. En un microscopio compuesto de alta resolución, fueron observadas sus características taxonómicas tales como: color, textura, forma, desarrollo, tamaño, grosor de las paredes, diámetro, número y características de la hifa de acuerdo a (López 1998; Peña-

Venegas, Cordona et al. 2006; Sánchez, Posada et al. 2010). Finalmente se realizó una tabla de riquezas de especies y conforme al avance se obtuvieron datos, sumando el total de cada especie de esporas de HMA en las diferentes muestras mediante (Peña-Venegas, Cordona et al. 2006; Sánchez, Posada et al. 2010). El conteo se llevó a cabo manualmente por medio de un microscopio a resoluciones de 10X a 40X de aumento.

IV. RESULTADOS

4.1. Propiedades del suelo

Los resultados (**Cuadro 1**) obtenidos de ellas, indican tener un suelo obscuro con textura Franco.

En cuanto a los resultados de materia orgánica se muestra un valor elevado en porcentaje con 5.58. Por otra parte los resultados de pH muestran con un valor neutro con 7.8. La conductividad eléctrica con un valor de 8.33 mS/cm lo cual indica que es un suelo salino. Para el Nitrógeno total con 0.2 lo cual indica que esta dentro de los rangos medios eficientes para el suelo y finalmente para el Fósforo extraíble con 26.50 lo que indica que es totalmente alto y eficiente para la rizósfera de *Lippia graveolens* H.B.K.

Cuadro 1: Análisis Físicos y Químicos de las muestras obtenidas de la rizósfera de *Lippia graveolens*

PARÁMETRO	RESULTADOS OBTENIDOS
Textura	Franco
pH en extracto	7.84
Conductividad eléctrica en extracto mS/cm	8.33
Materia orgánica %	5.58
Nitrógeno total %%	0.2
Fósforo ppm	26.50

4.2. Riqueza de especies y ubicación taxonómica

Como resultado de los análisis de las 20 muestras tomadas en el Ejido del Barreal de Guadalupe se obtuvieron 6 géneros con las siguientes cantidades de esporas. El género *Glomus* es el mejor representado debido que se presentó en todas las muestras con un número elevado 3852 esporas, del género *Entrophospora* fue representado en las muestras con un número mayor de 10 esporas; del género *Acaulospora* fue representado debido a que se presentó en todas las muestras con un número total de 407 esporas; en el género *Archaeospora* se presentaron 85 esporas; de todas las muestras; en el género *Gigaspora*, se presentó en las muestras con 21 esporas, de éstas muestras; dentro del género *Scutellospora* se presentó una suma total en las muestras de 31 esporas, como se muestra en el **(Cuadro 2)**.

Cuadro 2: Relación de esporas identificadas por géneros en 20 muestras del suelo en la rizósfera de (*Lippia graveolens* H. B. K.) del Ejido del Barreal de Guadalupe.

NUMERO DE MUESTREOS	<i>Glomus</i>	<i>Entrophospora</i>	<i>Acaulospora</i>	<i>Archaeospora</i>	<i>Gigaspora</i>	<i>Scutellospora</i>	sumatoria total de cada muestra
1	134	1	21	1		5	31
2	182	1	13	1	4	6	57
3	44		12	1	1	1	51
4	110		6				51.55
5	154		11	19	5	3	99.6
6	606	2	31				158.1
7	252		4	7	2	1	233.05
8	229		24	5			232.05
9	276		34	3	1		232.05
10	264		75	13		1	232.05
11	122		24	4	1		231.05
12	458	1	15	4			231.05
13	51	1	3			2	231.05
14	212		8	7		1	229.05
15	285	1	51	3	1		228.05
16	30		20	5	2	5	228.05
17	140		19	10	2	4	223.05
18	116	2	10				219.05
19	62		10		2	2	219.05
20	125	1	16	2			217.05
Total	3852	10	407	85	21	31	4406

4.3. Distribución taxonómica

En lo relativo a la distribución de los géneros (**Figura 9**), se encontró que el género con mayor número de esporas de HMA en la rizósfera de *Lippia graveolens* fue el género *Glomus*, seguido por el género *Acaulospora*. La dominancia de estos géneros fue encontrada en condiciones naturales del orégano.

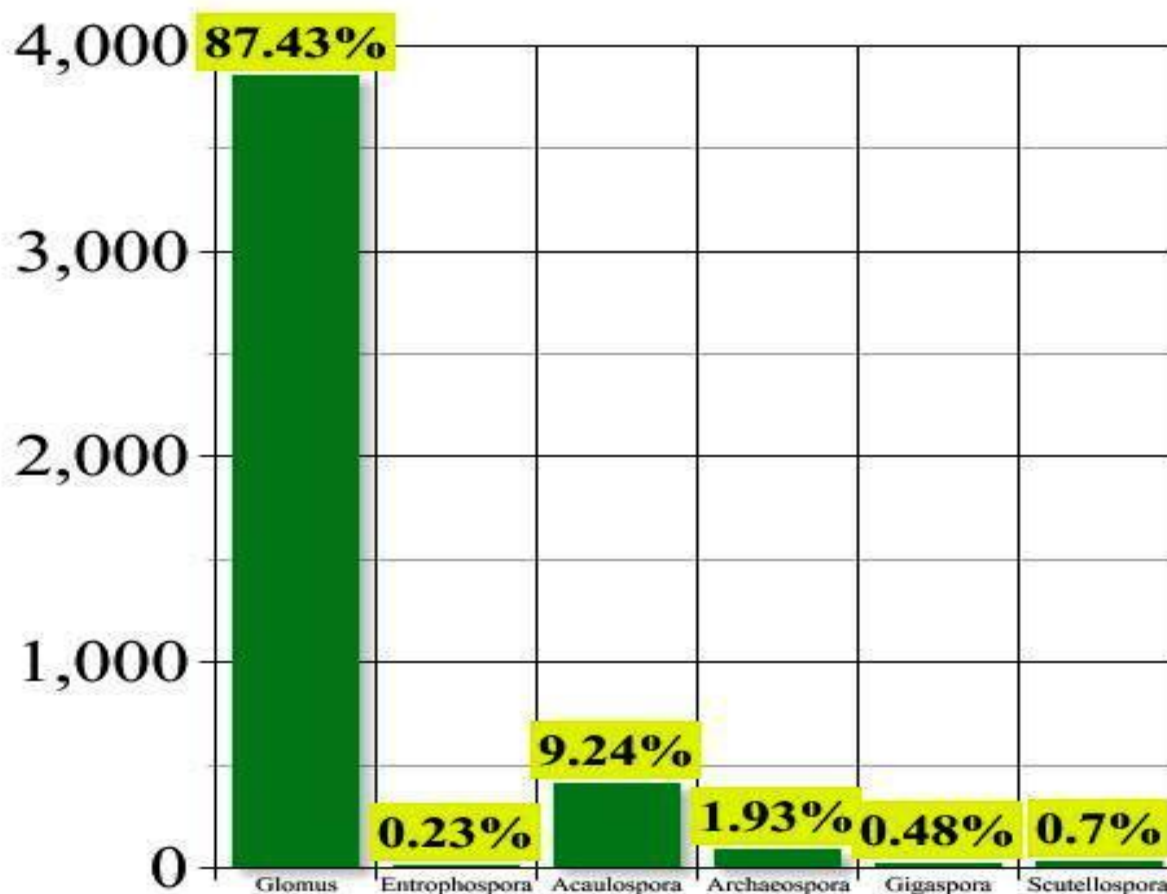


Figura 9: Porcentajes de esporas HMA por géneros encontradas en rizósfera de *Lippia graveolens* H. B. K.

4.4. Descripción y Distribución de los géneros de HMA en rizósfera *Lippia graveolens* H. B. K.

4.4.1. Género *Glomus*

En el análisis estadístico del género *Glomus*, se presenta diferencias en cuanto al número de esporas encontradas (**Fig. 10**), por lo que fue el género donde más se encontraron mayor número de 3852 esporas, especialmente la muestra número 6 presento 606 esporas y la muestras 16 con 30 esporas que fue la que menos presencia de esporas tuvo dentro de las 20 muestras en la (**Fig. 11**).

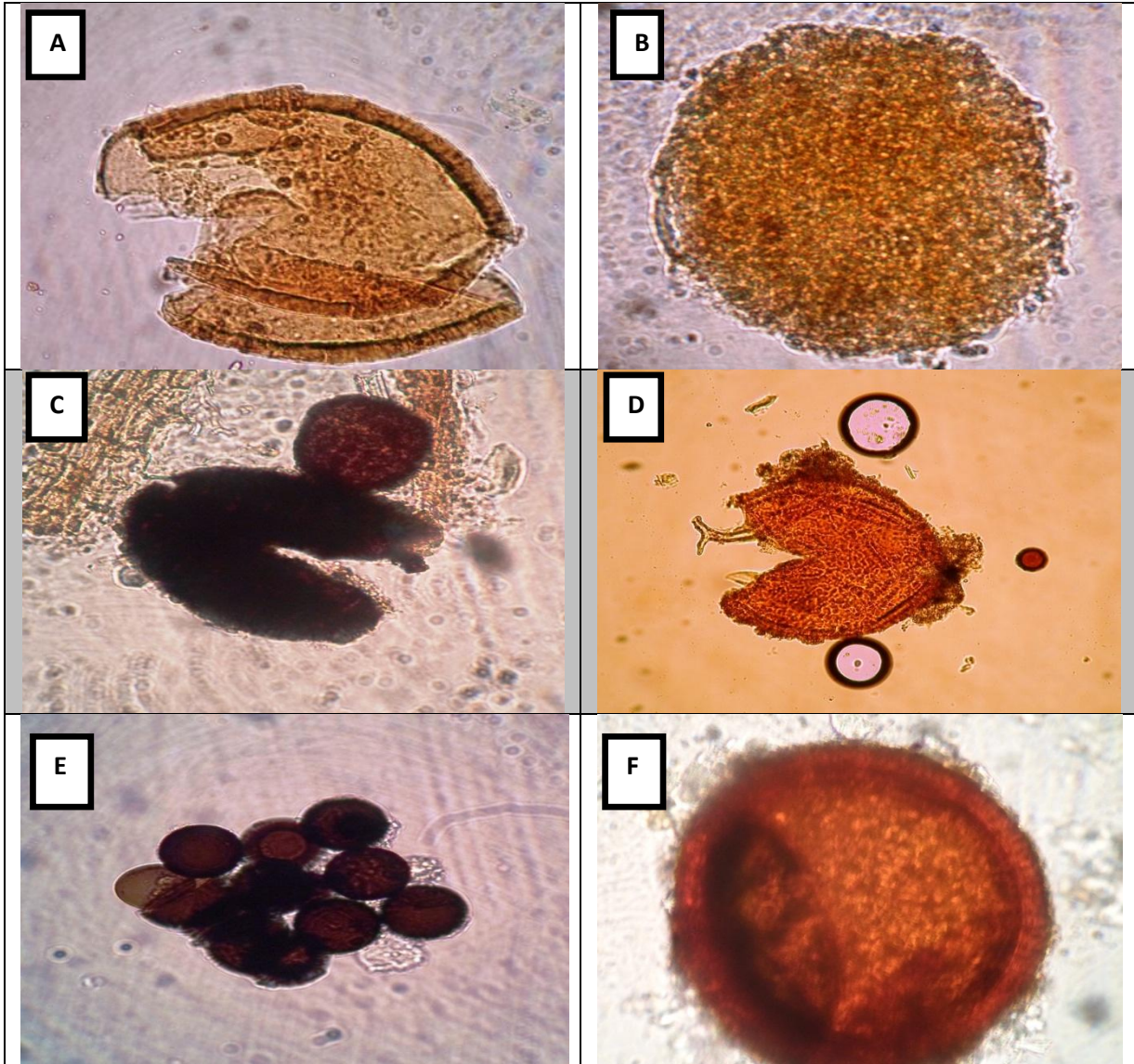


Figura 10: Esporas del género *Glomus* aisladas de la rizósfera de *Lippia graveolens* a 40x. Foto tomada por Rodríguez-Morales, J.I.

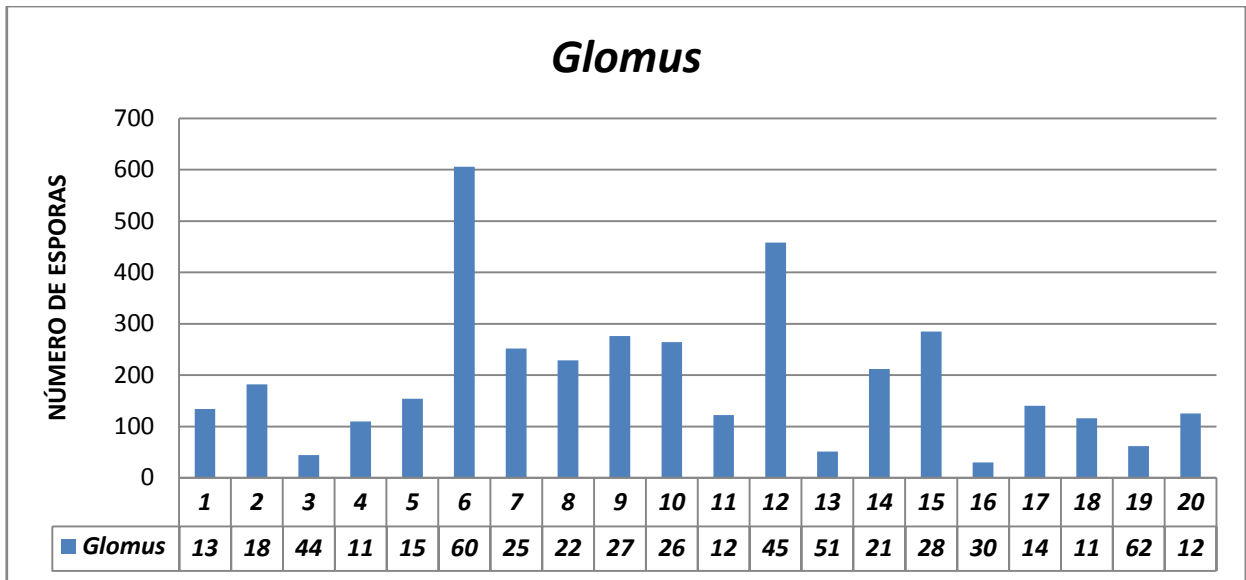


Figura 11: Distribución del Género *Glomus* de HMA en 20 muestras.

4.4.2. Género *Entrophospora*

En este género, en cuanto a los resultados obtenidos, fue uno de los géneros que presento menor diversidad de esporas (**Fig. 12**) con un total de 10 esporas. Las muestras que presentaron más esporas fueron la 6 y 18 con 2 esporas y las que presentaron mejor diversidad de esporas fueron las muestras 1, 2, 12, 13, 15 y 20 respectivamente (**Fig. 13**).

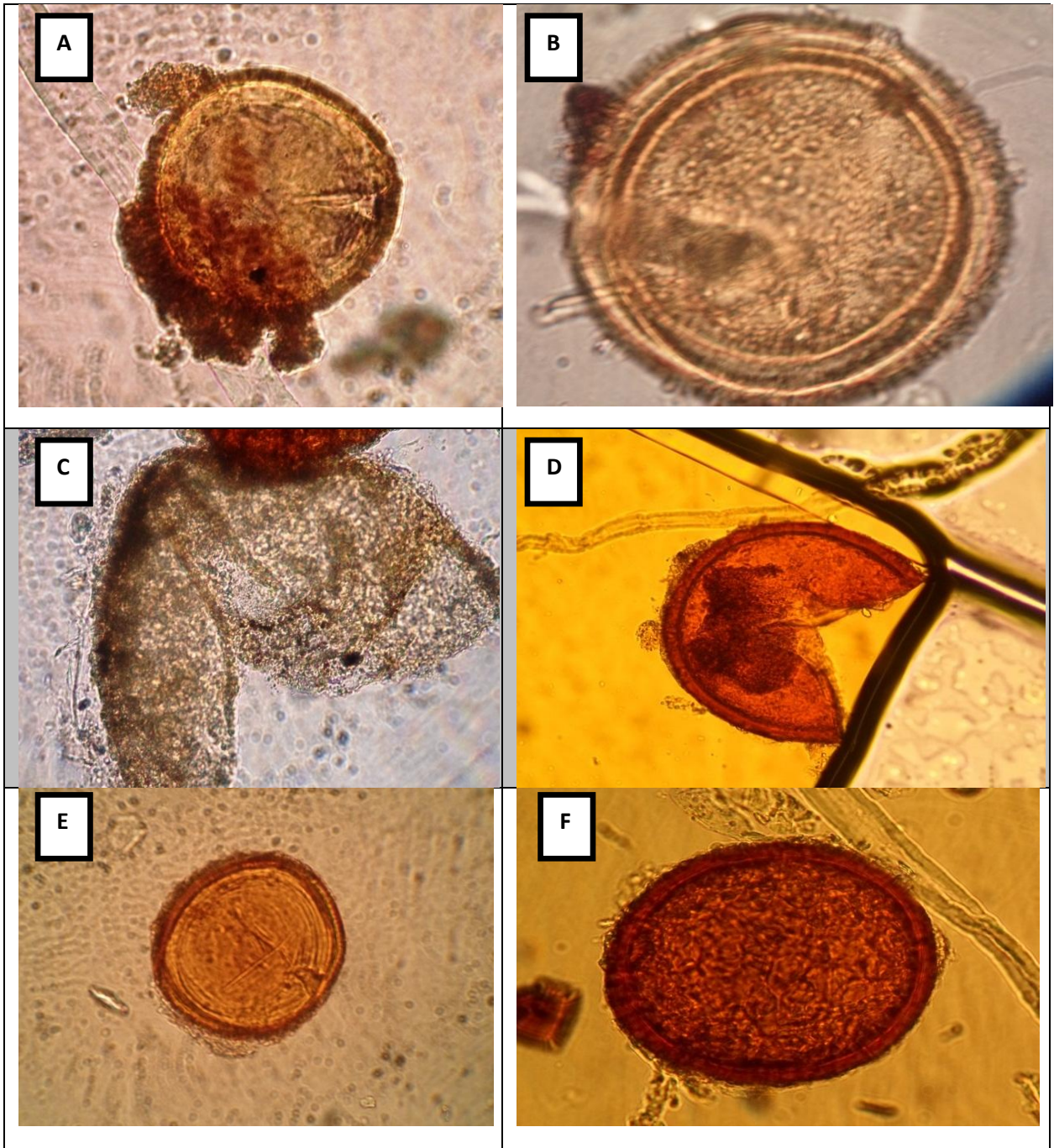


Figura 12: Esporas del género *Entrophospora* aisladas de la rizósfera de *Lippia graveolens* a 40x. Foto tomada por Rodríguez-Morales, J.I.

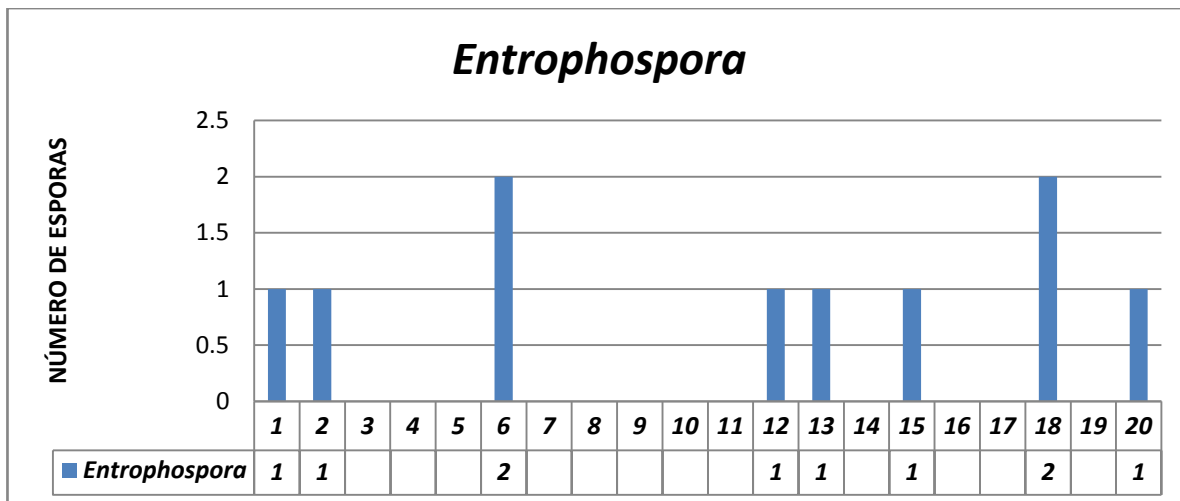


Figura 13: Distribución del Género *Entrophospora* de HMA en 20 muestras.

4.4.3. Género *Acaulospora*

De la variable *Acaulospora* (**Fig. 14**), fue uno de los que le sede a *Glomus* con un total de 407 esporas, dentro de ellas la muestra 10 fue la que presento mayor diversidad con 75 esporas y la que menor presencia tuvo dentro de todas fue la 13 con 3 (**Fig. 15**).

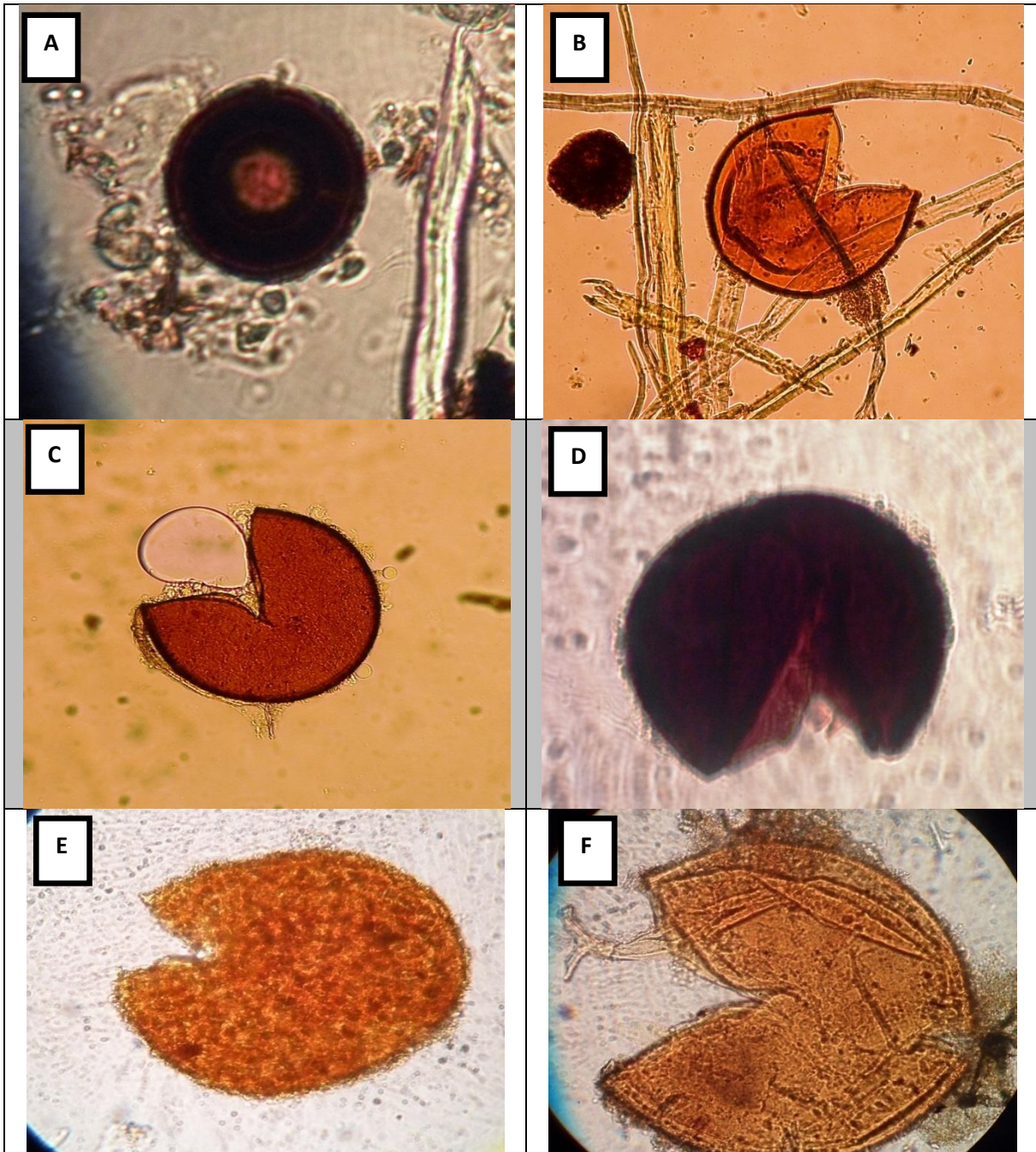


Figura 14: Esporas del género *Acaulospora* aisladas de la rizósfera de *Lippia graveolens* a 40x. Foto tomada por Rodríguez-Morales, J.I.

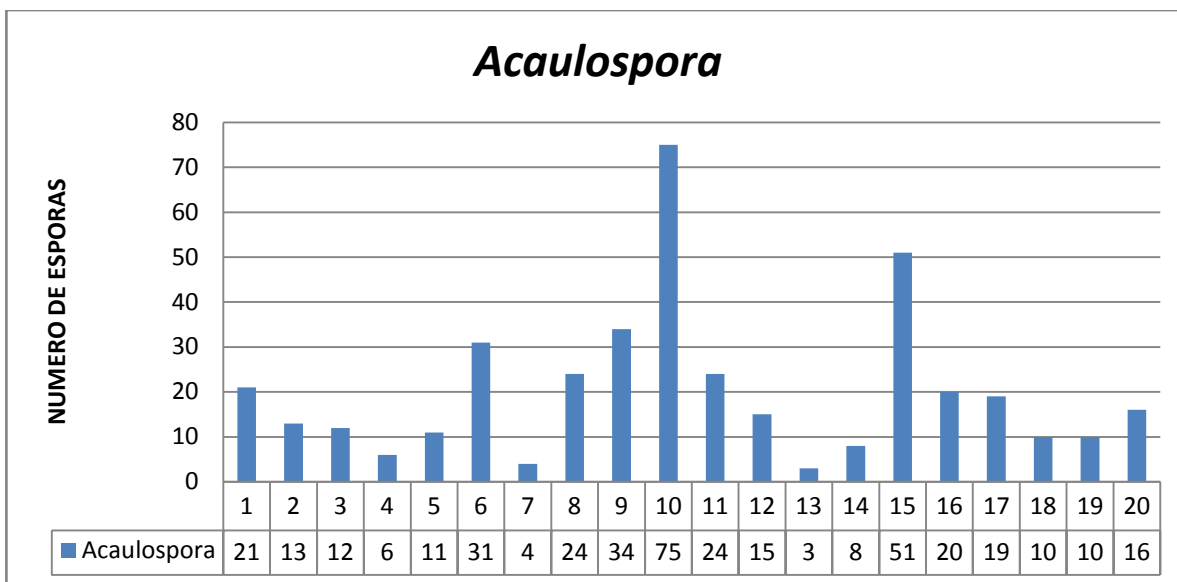


Figura 15: Distribución del Género *Acaulospora* de HMA en 20 muestras.

4.4.4. Género *Archaeospora*

Dentro de los análisis estadísticos, fue uno de los géneros en tercer lugar en diversidad (**Fig. 16**) con 85 esporas, de las cuales la muestra 5 se encontró con 19 y la 1,2,3, con 1 estando en las que menos presencia se obtuvo (**Fig. 17**).

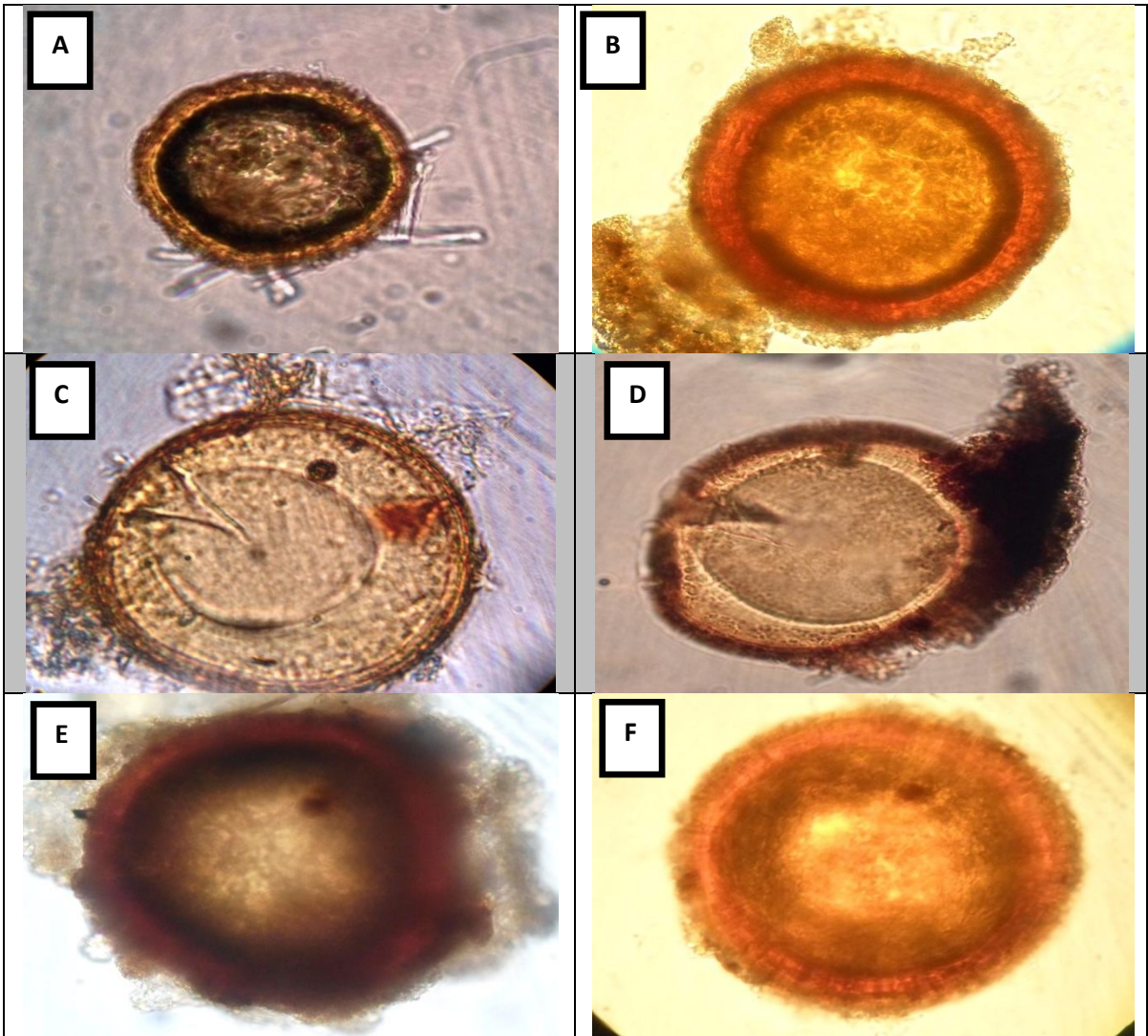


Figura 16: Esporas del género *Archaeospora* aisladas de la rizósfera de *Lippia graveolens* a 40x. Foto tomada por Rodríguez-Morales, J.I.

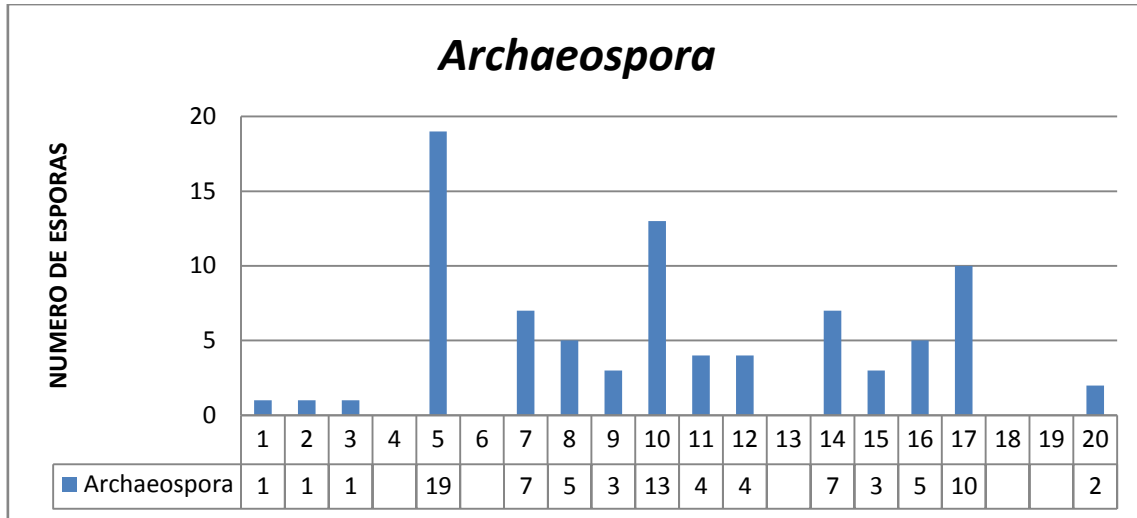


Figura 17: Distribución del Género *Archaeospora* de HMA en 20 muestras.

4.4.5. Género *Gigaspora*

Gigaspora presentó 21 esporas de las muestras, la 5 fue la que tuvo mayor presencia de diversidad con 5 esporas (**Fig. 18**) y las muestras 3, 9, 11 y 15 las que menos presento con 1 espora como se muestra en la (**Fig. 19**).

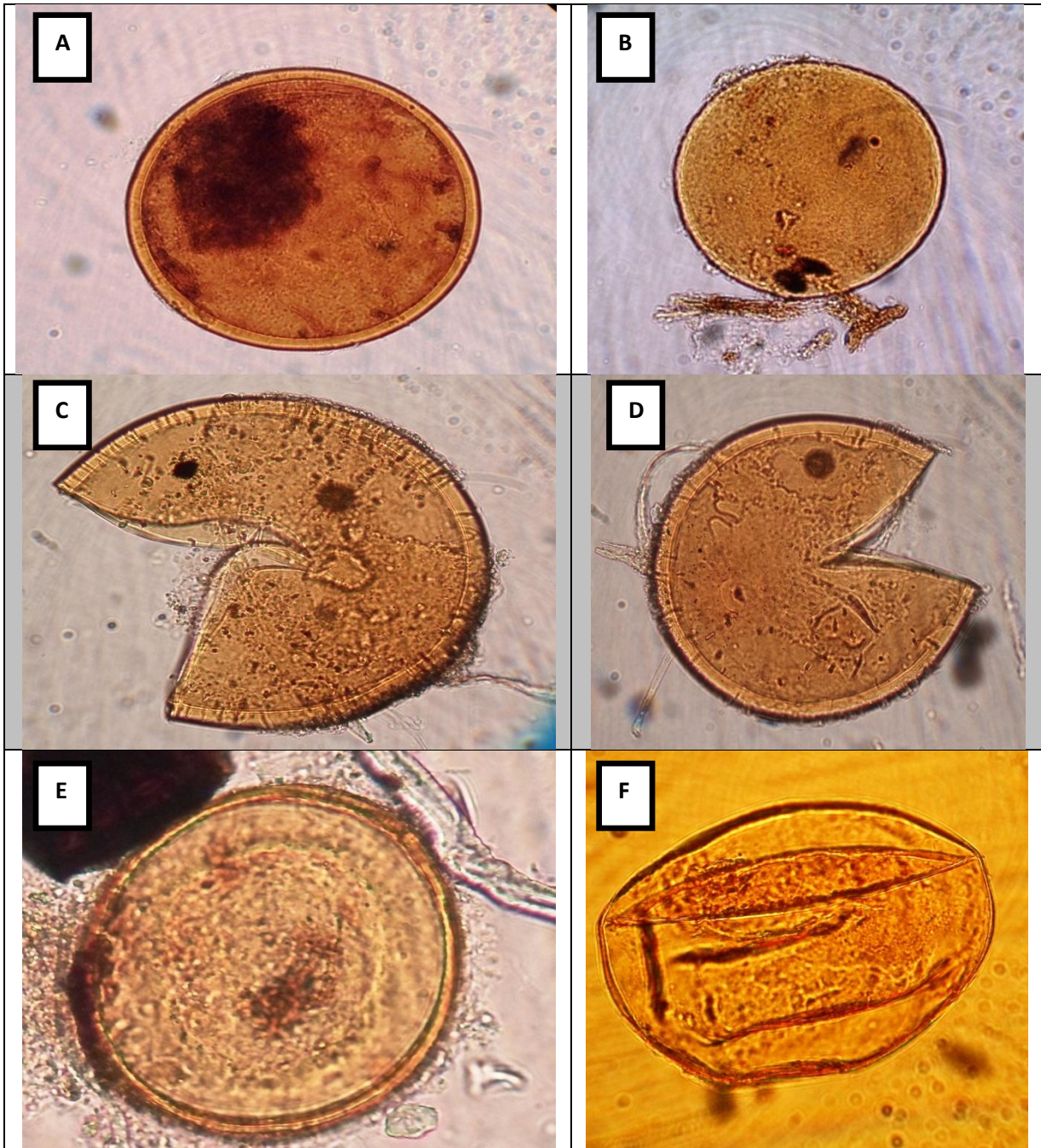


Figura 18: Esporas del género *Gigaspora* aisladas de la rizósfera de *Lippia graveolens* a 40x. Foto tomada por Rodríguez-Morales, J.I.

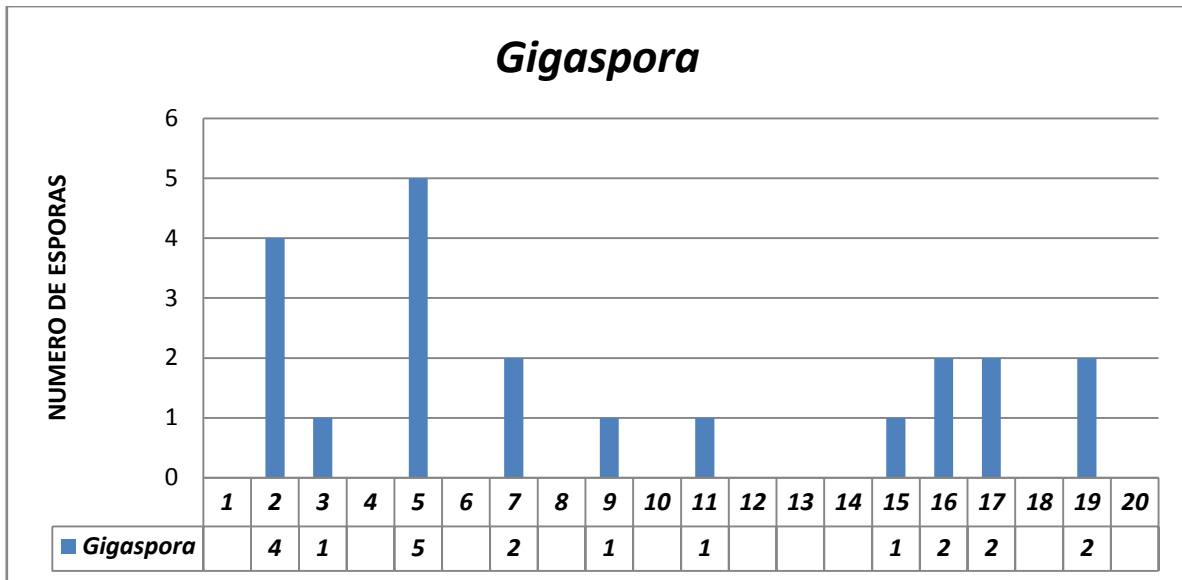


Figura 19: Distribución del Género *Gigaspora* de HMA en 20 muestras.

4.4.6. Género *Scutellospora*

En este género *Scutellospora*, se presentaron en total 31 esporas (**Fig. 20**) de las muestras, la que mayor presencia tuvo fue la 2 con esporas y las muestras 3, 7, 10 y 14 con una espora, estando en las de menor presencia hubo (**Fig. 21**).

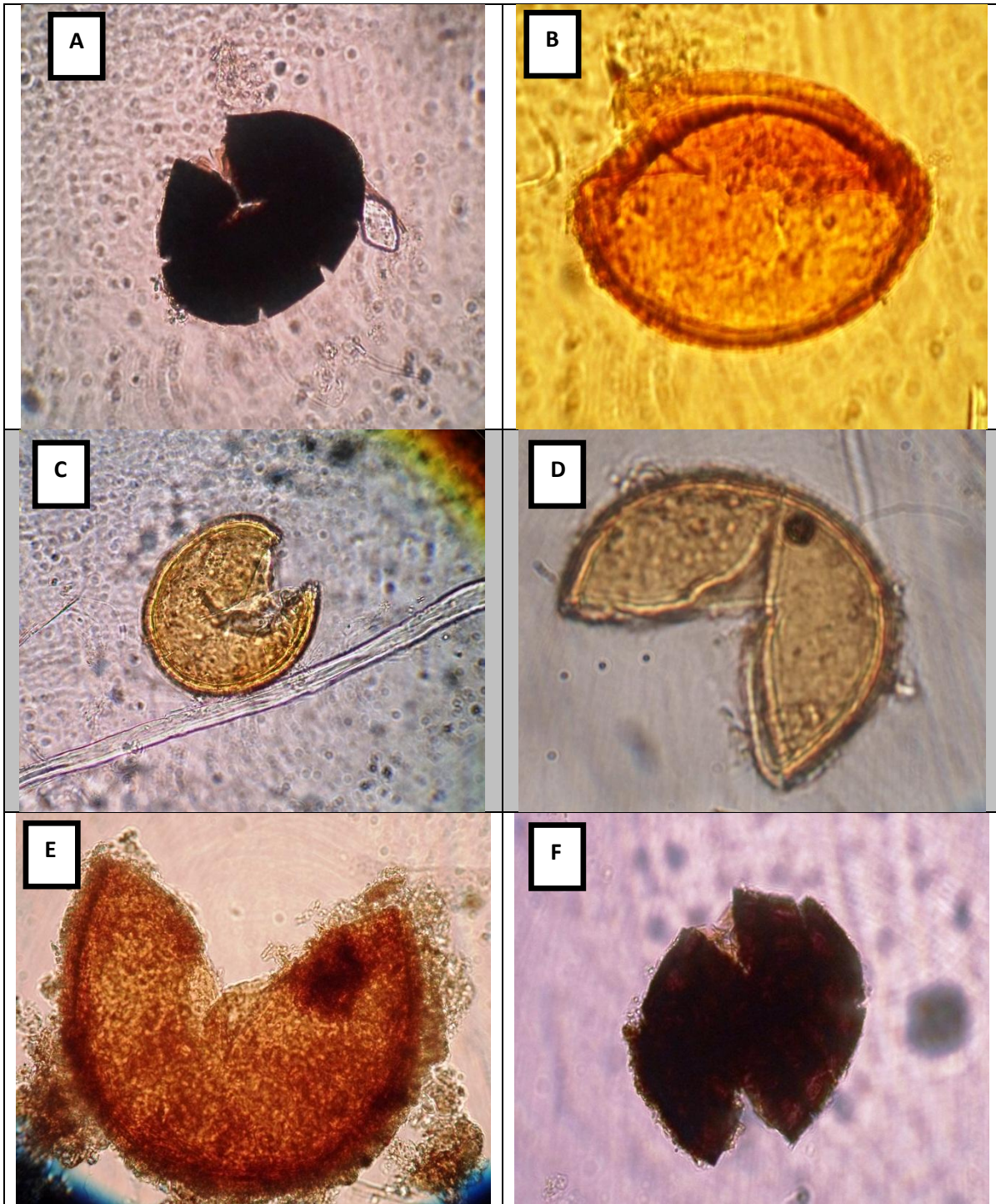


Figura 20: Esporas del género *Scutellospora* aisladas de la rizófora de *Lippia graveolens* a 40x. Foto tomada por Rodríguez-Morales, J.I.

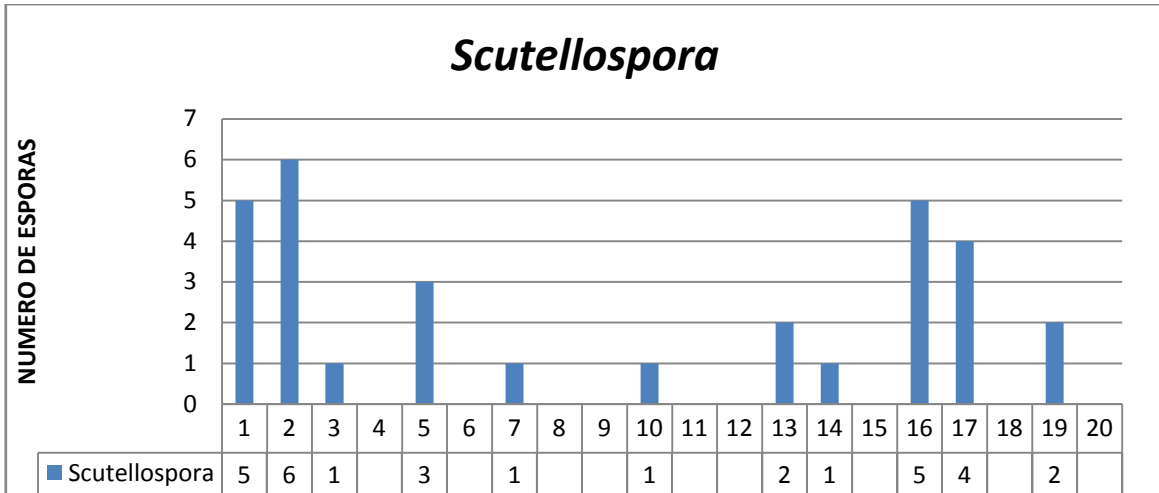


Figura 21: Distribución del Género *Scutellospora* de HMA en 20 muestras.

4.5. Riqueza específica

En las 20 muestras analizadas se identificaron seis géneros como: ***Glomus***, ***Entrophospora***, ***Acaulospora***, ***Archaeospora***, ***Gigaspora*** y ***Scutellospora*** de los siete que se pretendía encontrar.

4.5.1. Índice de diversidad de Margalef

Numero de géneros esperados: 7 (S)
 Numero de géneros encontrados: 6 (S)
 Número total de esporas dentro de los diferentes géneros: 4406

$$Dmg \frac{S-1}{\ln N} = \frac{7-1}{\ln 4406} = \frac{6}{8.39} = 0.715$$

V. DISCUSIÓN

Este trabajo fue realizado en el mes de octubre, fecha de inicio de la floración de *Lippia graveolens*, en el cual las plantas poseen mayor cantidad de isoprenoides en sus aceites esenciales. En esta investigación se presentaron seis géneros de HMA (*Glomus*, *Entrophospora*, *Acaulospora*, *Archaeospora*, *Gigaspora* y *Gigaspora*) en el total de los 20 sitios muestreados, en un ecosistema de desierto con vegetación clasificada como matorral rosetófilo-micrófilo (Villareal 2001), realizada en época de floración de *Lippia graveolens*. Este resultado es similar al encontrado por (Zangaro, Rostirola et al. 2012) en su estudio de la diversidad de HMA en un bosque en sucesión vegetal en primavera y verano donde encontró la presencia de los mismos géneros; por otro lado (Blaszkowsky 1994) determinó en la rizósfera de gramíneas la presencia de tres géneros (*Glomus*, *Gigaspora* y *Acaulospora*). En este trabajo; el Orégano tuvo la presencia de 6 géneros debido a la cantidad de materia orgánica y salinidad; similar a las investigaciones mencionadas.

(Da Silva, Pereira et al. 2012) En una investigación realizada en el noreste de Brasil en dos áreas naturales, bosques y en zonas de dunas revegetadas a través de muestras de suelos recolectadas durante la sequía, tuvo la presencia de *Acaulospora*, *Glomus*, *Gigaspora* y *Scutellospora*, esta diversidad se debió quizás a diversos factores ambientales, tales como las características físicas y químicas del suelo que se relaciona con los resultados obtenidos en zonas desérticas en ecosistemas naturales o bosques a través de las muestras recolectadas.

Un estudio realizado en la estación seca del Desierto Chihuahuense por Pezzani y colaboradores en (Pezzani, Montaña et al. 2006) en pastos de sucesión en la

Reserva de la Biosfera de Mapimí, estimo la presencia de los géneros *Acaulospora*, *Glomus*, *Entrophospora* y *Gigaspora*, presentando una menor diversidad que la encontrada en este trabajo, esto se debió quizás a las diferencias en los parámetros del suelo a los de Mapimí presentaban mayor salinidad, además de bajo contenido de materia orgánica y nitrógeno y fósforo.

(Hong, Park et al. 2012) En su investigación realizada en *Brachypodium distachyon*, planta de la familia de las gramíneas propuestas para la producción de Bioenergía, fueron cultivadas en suelos bajos mezclados con arena (franco arenoso) predominaron los géneros *Gigaspora* y *Glomus*. De la misma manera, (Lara 2003) realizó su investigación en 8 agroecosistemas cafetaleros en diferentes grados de erosión de suelo con cobertura vegetal realizado en épocas de lluvia en los meses de septiembre y octubre encontrando la presencia de géneros *Glomus*, *Gigaspora* y *Acaulospora* lo cual indica que estos géneros son tolerantes a la perturbación, ya que a diferencia de los agroecosistemas no erosionados; la diversidad, abundancia y riqueza de HMA fue mayor. Dichos resultados obtenidos con los distintos investigadores con relación al presente trabajo, fue diversa la presencia de géneros de HMA; esto se debe a los tipos de suelos con el que se cuenta, la temperatura, la cantidad de materia orgánica.

En cuanto a dominancia del género en este trabajo se presentó a *Glomus*, con el mayor porcentaje y a *Entrophospora* en más bajo. El cual coincide con los resultados obtenidos por (Zangaro, Rostiola et al. 2012) donde *Glomus* presentó el mayor porcentaje con un 41%, seguido por *Entrophospora* con un 9% en un ecosistema de bosque al sur de Brasil. En tierras cultivadas en climas cálido y árido

(Li, Li et al. 2007) obtuvo una mayor dominancia del género *Glomus* (48%), seguido por *Gigaspora* con un 11%. De igual manera (Moreira, Nogueira et al. 2007) realizó una investigación para evaluar la esporulación y diversidad de HMA, dichas muestras las tomó en dos parques del estado en el suroeste de Brasil en suelos arenosos donde obtuvo dominancia en *Glomus* (48%) seguido por *Gigaspora* (11%). Todos los resultados mencionados por investigadores, algunos fueron similares en relación a los géneros obtenidos en esta investigación. Hubo diferencias de géneros es porque fueron realizados en zonas diferentes, donde influyó la calidad del suelo, temperatura, cantidad de lluvias, cantidad de materia orgánica, salinidad; ya que se menciona que *Glomus* y *Acaulospora* son más encontrados en suelos con alta cantidad de materia orgánica, % de fósforo y lo que es la conductividad eléctrica sustentado por (Aguilera, Olalde et al. 2008; Guerra 2008; Pérez, Rojas et al. 2011).

En la presente investigación 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 es de 0.715, lo cual es considerado un valor mayor por (Moreno 2001); por lo que (Cordova, Mendonga et al. 2001), en su investigación en de Brasil, no siguió el patrón de riqueza. (Margalef 1972) Menciona que la distribución varía considerablemente de un mes a otro; en enero las diversidades son altas, en febrero y marzo la diversidad decrece por lo que en agosto y septiembre tiene una distribución parecida ya que en el mes de noviembre nos aproximamos a la situación invernal de diversidades elevadas y uniformes de esporas. La presente investigación se realizó en octubre por lo que cabe mencionar que se sustenta con lo dicho por Margalef en 1972.

VI. CONCLUSIÓN

Se encontraron seis géneros de HMA siendo esta diversidad una de las mayores en cuanto a ecosistemas se refieren además de la época de muestreo. Siendo *Glomus* además de *Acaulospora*, los géneros encontrados en todos los sitios de muestreo.

La dominancia mayor fue del genero *Glomus* con un 87.43%, seguido por *Acaulospora*. El género con menor presencia fue *Entrophospora*.

El índice de Margalef, demuestra la alta diversidad encontrada en estos ecosistemas. Debido a la cantidad de materia orgánica, salinidad y el fósforo disponible en el área.

Es recomendable la realización de un estudio que muestre la diversidad y dominancia de géneros en las rizófora de *Lippia graveolens* H. B. K. en las distintas estaciones y sobre todo en las diferentes etapas del orégano.

VII. LITERATURA CITADA.

- Adriano, S. F. (2005). Biology, ecology and evolution of the family Gigasporaceae, Arbuscular Mycorrhizal Fungi (Glomeromycota). Ciencias Exactas y Naturales y Medicina. Estado de Sao Paulo, Brasil, Universidad de Leiden. **Doctor**: 1-48.
- Aguilera, G. L. I., P. V. Olalde, et al. (2008). "Micorrizas Arbusculares." Ciencia Ergo Sum **14**(003): 300-306.
- Alarcon, A., L. V. Hernández-Cuevas, et al. (2012). "Diversidad para la Agricultura y aplicaciones de hongos micorrízicos en México." J Biofertil Biopestici **3**(115).
- Alarcón, A., L. V. Hernández-Cuevas, et al. (2012). "Diversidad para la Agricultura y aplicaciones de hongos micorrízicos en México." J Biofertil Biopestici **115**(3): 10.4172/2155-6202.1000115.
- Andrade-Torres, A. (10). "Micorrizas: antigua interacción entre plantas y hongos." Ciencia 80-90.
- Avio, L., E. Pellegrino, et al. (2006). "Functional diversity of arbuscular mycorrhizal fungal isolates in relation to extraradical mycelial networks." New Phytol **172**(2): 347-357.
- Balestrini, R. and L. Lanfranco (2006). "Fungal and plant gene expression in arbuscular mycorrhizal symbiosis." Mycorrhiza **16**(8): 509-524.
- Barrer, S. E. (2009). "El uso de Hongos Micorrízicos Arbusculares como una alternativa para la agricultura." Facultad de Ciencias Agropecuarias **7**(1): 123-132.
- Blanco, F. A. and E. A. Salas (1997). "Micorrizas en la agricultura: Contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica." Agronomía Cotarricense **21**(1): 55-67.
- Blaszkowsky, J. (1994). "Arbuscular fungi and mycorrhizae (Glomales of the Hel Peninsula, Poland)." Mycorrhiza **5**: 71-88.
- Castillo, G. M. L. (2009). "Caracterización morfológica de micorrizas arbusculares asociadas en raíces de tomate de árbol silvestre (*Solanum cajanumensis*) y cultivado (*Solanum betaceae*) en dos sectores de la Provincia de Loja Escuela de Bioquímica y Farmacia. Loja, Ecuador, Universidad Técnica particular Loja. **Bioquímico-Farmacéutico**: 1-73.
- Castro, H. F. S. (2004). Evaluación agronómica de frecuencias de corte y densidades de siembra en Orégano (*Lippia graveolens* H. B.K.), en el centro de agricultura tropical Bulbuxyá, San Miguel Panán, Suchitepéquez. Facultad de Agronomía. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. **Ingeniero Agrónomo**: 1-57.
- Cazares, A. N. P., G. E. E. Villavicencio, et al. (2010). "Caracterización molecular y producción de aceites esenciales de diferentes genotipos de orégano (*Lippia* sp)." Rev. Mex. Cien. **1**(1): 85-94.

- CETENAL (1972). "Carta Edafológica y Geológica (1: 50 000) G13-D56. Tlahualilo de Zaragoza, México D.F."
- CONAGUA (2004). "Construcción de la presa para control de avenidas Cañón de la Cabeza en los Municipios de Torreón, Coahuila y Simón Bolívar, Durango."
- Cordova, A. S., M. Mendonga, et al. (2001). "Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi along a sand dune stabilization gradient: A case study at Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, South Brazil." Mycoscience **42**: 379-387.
- Corradi, N. and P. Bonfante (2012). "The arbuscular mycorrhizal symbiosis: origin and evolution of a beneficial plant infection." PLoS Pathog **8**(4): e1002600.
- Da Silva, D., C. Pereira, et al. (2012). "Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in restinga and dunes areas in Brazilian Northeast." Biodiversity and Conservation **21**(9): 2361-2373.
- De Roman, M. and A. M. De Miguel (2000). "Identificación y descripción de las ectomicorrizas de *Quercus ilex* subsp. *Ballota* (Desf.) Samp. en una zona quemada y una zona sin alterar del carrascal de nazar (Navarra)." Publicaciones de Biología **13**: 1-42.
- Dickson, S., F. A. Smith, et al. (2007). "Structural differences in arbuscular mycorrhizal symbioses: more than 100 years after Gallaud, where next?" Mycorrhiza **17**(5): 375-393.
- Domínguez, P. F. (2005). Modelo Agroecológico para el aprovechamiento de recursos forestales, Orégano (*Lippia graveolens* H. B. K.) y Mezquite (*Prosopis spp.*) en el Municipio de torreón, Coahuila. Departamento de Agroecología. Torreón, UAAAN-UL. **Ingeniero en Agroecología**: 1-149.
- Flores, R. E. (2009). Potencial productivo del orégano (*Lippia graveolens* H. B. K.) y calidad de su aceite esencial en dos calidades de el mezquital , Dgo. Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional, Unidad Durango. Victoria de Durango, Dgo, Instituto Politécnico Nacional. **Maestro en Ciencias**: 1-130.
- Gadkar, V., R. David-Schwartz, et al. (2001). "Arbuscular mycorrhizal fungal colonization. Factors involved in host recognition." Plant Physiol **127**(4): 1493-1499.
- Gamper, H. A., M. G. van der Heijden, et al. (2010). "Molecular trait indicators: moving beyond phylogeny in arbuscular mycorrhizal ecology." New Phytol **185**(1): 67-82.
- Gil, C. M. E. (2009). Aspestos relacionados con el uso de Hongos Micorrizógenos Arbusculares en el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill), en el Estado de Michoacán. Facultad de Biología. San Nicolás, hidalgo, Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo **Bióloga**: 1-62.

- González, G. M. (2005). Estudiode los mecanismos implicados en la homeostasis de metales pesados en el hongo formador de micorrizas arbusculares ***Glomus intraradices***. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Granada, Universidad de Granada. **Tesis doctoral**: 1-193.
- Gu, M., A. Chen, et al. (2011). "How does phosphate status influence the development of the arbuscular mycorrhizal symbiosis?" Plant Signal Behav **6**(9): 1300-1304.
- Guerra, S. B. E. (2008). "Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible." Tecnología en Marcha **21**(1): 191-201.
- Halffter, G. and C. E. Moreno (2005). "Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma." CONABIO **4**: 5-18.
- Hause, B. and T. Fester (2005). "Molecular and cell biology of arbuscular mycorrhizal symbiosis." Planta **221**(2): 184-196.
- Hong, J. J., Y. S. Park, et al. (2012). "Diversity of morphology and function in arbuscular mycorrhizal symbioses in *Brachypodium distachyon*." Planta.
- Huerta, C. (2002). "Orégano mexicano: oro vegetal." CONABIO.
- Ijdo, M., S. Cranenbrouck, et al. (2011). "Methods for large-scale production of AM fungi: past, present, and future." Mycorrhiza **21**(1): 1-16.
- INE (2007). "Evaluación de riesgo de extinción de *Lippia graveolens* de acuerdo al numeral 5.7 de la NOM-059-SEMARNAT-2001."
- INVAM (2000). "International Culture Collection of Vesicular Arbuscular fungi. <http://invam.caf.wvu.edu/>."
- Jiao, H., Y. Chen, et al. (2011). "Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in greenhouse soils continuously planted to watermelon in North China." Mycorrhiza **21**(8): 681-688.
- Johnson, N. C. (2010). "Resource stoichiometry elucidates the structure and function of arbuscular mycorrhizas across scales." New Phytol **185**(3): 631-647.
- Khade, S. W. and B. F. Rodríguez (2009). "Arbuscular micorrhizal Fungi associated with varieties of *Carica papaya* L. in tropical agro-based ecosystem of Goa, India " Tropical and Subtropical Agroecosystemas **10**(369-381).
- Koch, A. M., P. M. Antunes, et al. (2012). "Diversity effects on productivity are stronger within than between trophic groups in the arbuscular mycorrhizal symbiosis." PLoS One **7**(5): e36950.
- Konig, S., T. Wubet, et al. (2010). "TaqMan real-time PCR assays to assess arbuscular mycorrhizal responses to field manipulation of grassland biodiversity: effects of soil characteristics, plant species richness, and functional traits." Appl Environ Microbiol **76**(12): 3765-3775.
- Ku, U. J. G. (2008). Actividad antimicrobiana de extractos de orégano (*Lippia graveolens*) contra microorganismos fitopatógenos Facultad de Ingeniería. Querétaro, Qro, Universidad Autónoma de Querétaro. **Ingeniería en Invernaderos**: 1-86.

- Lara, C. L. (2003). Diversidad y actividad de hongos micorrízicos-arbusculares, en agroecosistemas cafetaleros perturbados por la erosión. Biotecnología. Tecomán, Colima, Universidad de Colima. **Maestro en Ciencias**: 1-140.
- Li, L. F., T. Li, et al. (2010). "Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi and their distribution patterns related to host-plants and habitats in a hot and arid ecosystem, southwest China." FEMS Microbiol Ecol **71**(3): 418-427.
- Li, L. F., T. Li, et al. (2007). "Differences of arbuscular mycorrhizal fungal diversity and community between a cultivated land, an old field, and a never-cultivated field in a hot and arid ecosystem of southwest China." Mycorrhiza **17**(8): 655-665.
- Likar, M., U. Bukovnik, et al. (2008). "Mycorrhizal status and diversity of fungal endophytes in roots of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) and tartary buckwheat (*F. tataricum*)." Mycorrhiza **18**(6-7): 309-315.
- López, Z. G. A. (1998). Hongos Micorrízicos Vesículo Arbusculares (VA) en fragmentos de matorral *Senso lato* de los Municipios de Linares y Hualahuises, Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales Linares, N. L., Universidad Autónoma de Nuevo León. **Maestría**: 1-137.
- Mandal, S. M., D. Chakraborty, et al. (2010). "Phenolic acids act as signaling molecules in plant-microbe symbioses." Plant Signal Behav **5**(4): 359-368.
- Margalef, R. (1972). "Regularidades en la distribución de la diversidad de fitoplancton en un área del mar Caribe." Inv. Pesq. **36**(2).
- Martinez-Rocha, A., R. Puga, et al. (2008). "Antioxidant and antimutagenic activities of Mexican oregano (*Lippia graveolens* Kunth)." Plant Foods Hum Nutr **63**(1): 1-5.
- Montaño, N., A. Alarcón, et al. (2012). "Research on arbuscular mycorrhizae in Mexico: an historical synthesis and future prospects." Symbiosis **57**(3): 111-126.
- Morales, L. D. (2005). "Fenología y evaluación de la producción y calidad de los aceites en plantas de Orégano (*Lippia graveolens* H. B. K.). Departamento de Agroecología. Torreón, Coahuila, UAAAN-UL. **Ingeniero en Agroecología**: 1-41.
- Moreira, M., M. A. Nogueira, et al. (2007). "Sporulation and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazil Pine in the field and in the greenhouse." Mycorrhiza **17**(6): 519-526.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad (Manuales & Tesis SEA). Zaragoza, España.
- Noda, Y. (2009). "Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos." Pastos y Forrajes **32**(2): 105-119.
- Ocampo-Velázquez, R. V., G. X. Malda-Barrera, et al. (2009). "Biología reproductiva del orégano mexicano (*Lippia graveolens* Kunth) en tres condiciones de aprovechamiento." Agrociencia **43**: 475-482.

- Oehl, F., E. Sieverding, et al. (2003). "Impact of Land Use Intensity on the Species Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agroecosystems of Central Europe." Applied and Environmental Microbiology **69**(5): 2816-2824.
- Opik, M., M. Moora, et al. (2008). "High diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a boreal herb-rich coniferous forest." New Phytol **179**(3): 867-876.
- Osorno-Sánchez, T., R. A. Torres, et al. (2012). "Effects of harvesting intensity on population structure of *Lippia graveolens* (Verbenaceae, Lamiales) in the Semidesert of Querétaro, México." African Journal of Agricultural Research **7**(1): 100-108.
- Pawlowska, T. E. and A. R. Blaszkowski (1996). "The mycorrhizal status of plants colonizing a calamine spoil mound in southern Poland." Mycorrhiza **6**: 499-505.
- Peña-Venegas, C. P., V. G. I. Cordona, et al. (2006). Micorrizas arbusculares de la Amazonia colombiana (Catálogo ilustrado). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.
- Pérez, C. A., S. J. Rojas, et al. (2011). "Hongos formadores de Micorrizas Arbusculares: Una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el Caribe Colombiano." Rev. Colombiana Cienc. Anim. **3**(2): 366-385.
- Pezzani, F., C. Montaña, et al. (2006). "Associations between arbuscular mycorrhizal fungi and grasses in the successional context of a two-phase mosaic in the Chihuahuan Desert." Mycorrhiza **16**(4): 285-295.
- Popoff, O. (2008). "Reino Fungi: micorrizas." <http://www.biología.edu.ar/fungi/micorrizas.htm>." República Argentina.
- Reyes, J. I. (2002). "Asociaciones biológicas en el suelo: la micorriza arbuscular (MA)." CotactoS **44**: 5-10.
- Román, G. F. (2003). Concentración de reguladores del desarrollo vegetal inducida por hongos endomicorrízicos en dos cultivares de Chile (*Capsicum annuum* L.). Biotecnología. Tecmán, Colima, México, Universidad de Colima. **Doctor en Ciencias**: 1-121.
- Salamanca, S. C. R. and H. M. d. R. Silva (1998). "Las micorrizas como alternativa para el manejo sostenible de los agroecosistemas tropicales." Corpoica. Boletín Técnico No. 12.
- Sánchez, d. P. M., A. R. Posada, et al., Eds. (2010). Metodologías básicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular. Sede Palmira, Universidad Nacional de Colombia.
- Schussler, A., M. Kruger, et al. (2011). "Revealing natural relationships among arbuscular mycorrhizal fungi: culture line BEG47 represents *Diversispora epigaea*, not *Glomus versiforme*." PLoS One **6**(8): e23333.
- Soto, H. M. (2007). "Actividad antioxidante de flavonoides del tallo de orégano Mexicano (*Lippia graveolens* H. B. K. Var *Berlandieri schauer*) " Sociedad Mexicana de Fitogenética **30**(001): 43-49.

- Sturmer, S. L. (2012). "A history of the taxonomy and systematics of arbuscular mycorrhizal fungi belonging to the phylum Glomeromycota." *Mycorrhiza* **22**(4): 247-258.
- Tapía, G. J. J. (2003). Identificación de Hongos Micorrízicos Arbusculares aislados de suelos salinos y su eficiencia en plantas de lechuga (*Lactuca sativa L.*). *Biotechnología*. Tecomán, Colima, Universidad de Colima. **Doctorado en Ciencias:** 1-137.
- Tena, S. A. (2002). Presencia de hongos micorrízicos arbusculares en plantas silvestres de suelos salinos en el estado de Colima. *Biotechnología*. Tecomán, Col., Universidad de Colima. **Maestro en Ciencias:** 1-124.
- Varela, L. and D. Trejo (2001). "Los Hongos Micorrizógenos Arbusculares como componentes de la biodiversidad del suelo en México." *Acta Zoológica de Ecología A. C.*(Es1): 39-51.
- Vega, F. M. (2011). Diversidad de Hongos Micorrizógenos Arbusculares y Potencial Micorrízico de dos Agroecosistemas y una Zona Natural del Estado de Michoacán. *Facultad de Biología*. Morelia, Michoacán, Universidad Michoacana de San nicolás de Hidalgo **Maestro en Ciencias Biológicas:** 1-117.
- Villareal, Q. J. A. (2001). Listados florísticos de México. xxiii. Flora de Coahuila. México, D.F., Instituto de Biología. UNAM.
- Villavicencio, G. E., P. A. Cano, et al., Eds. (2010). Metodología para determinar las existencias de orégano (*Lippia graveolens H. B. K.*) en rodales naturales de Parras de la Fuente, Coahuila. Saltillo, Coahuila, INIFAP.
- Wang, Y., Y. Huang, et al. (2011). "Flooding greatly affects the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi communities in the roots of wetland plants." *PLoS One* **6**(9): e24512.
- Wang, Y. Y., M. Vestberg, et al. (2008). "Diversity and infectivity of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils of the Sichuan Province of mainland China." *Mycorrhiza* **18**(2): 59-68.
- Zangaro, W., L. V. Rostiola, et al. (2012). "Root colonization and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi in distinct successional stages from an Atlantic rainforest biome in southern Brazil." *Mycorrhiza*.