

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO
NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE LOS HONGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA) y PORCENTAJE DE
MICORRIZACIÓN PRESENTES EN LA RIZÓSFERA DE *Lippia graveolens*
H.B.K.**

POR KARLA ADRIANA TUNGUI CALDERON

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL

TÍTULO

DE: INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DE LA C. **KARLA ADRIANA TUNGUI CALDERON**, QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

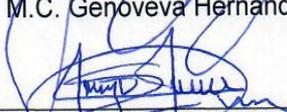
INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR:

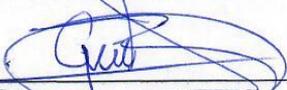
PRESIDENTE:


M.C. Genoveva Hernández Zamudio

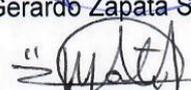
VOCAL:

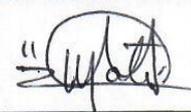

Dr. Jesús Vázquez Arroyo

VOCAL:


M.C. Gerardo Zapata Sifuentes

VOCAL:


M.C. Víctor Martínez Cueto


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
POR:

KARLA ADRIANA TUNGUI CALDERON

TESIS:

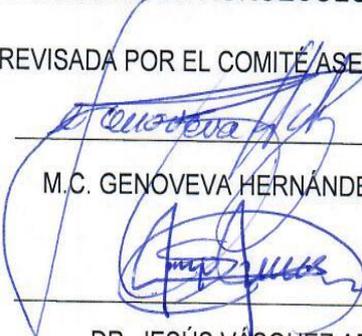
EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE LOS
HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA) y
PORCENTAJE DE MICORRIZACIÓN PRESENTES EN LA
RIZÓSFERA DE *Lippia graveolens* H.B.K.

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR:

ASESOR PRINCIPAL:


M.C. GENOVEVA HERNÁNDEZ ZAMUDIO.

ASESOR:


DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO

ASESOR:


M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES

ASESOR:


M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2016



AGRADECIMIENTOS

Primeramente a **DIOS** por permitirme llegar hasta este momento, por llenarme de fuerza y bendiciones.

M.C Genoveva Hernández Zamudio. Por la confianza y apoyo brindado a lo largo de formación profesional, especialmente en esta etapa de investigación asesorándome y resolviendo mis dudas. También gracias por sus consejos.

A mis asesores. Formaron parte fundamental en mi formación profesional, por incrementar el amor hacia la Agroecología, por sus consejos, pero indudablemente **GRACIAS** por ser parte de este último brinco en mis estudios universitarios.

A mi Alma Mater Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL por brindarme la oportunidad de ser parte de ella en mi formación profesional.

A mis compañeros Antonio de Jesús Zea Ruiz y Daniel Gonzales Cifuentes por su colaboración en el muestreo de esta investigación.

A mi esposo Iván Eduardo Olivera Cano por su colaboración en el muestreo de esta investigación, gracias por todo tu apoyo.

DEDICATORIA

Mis papas Jesús Tungui Olivo y Norma Calderón Rezendiz por brindarme el gran apoyo y la confianza a lo largo de todo este tiempo, por darme e inculcarme valores, en especial a mi papa que me inculco el amor y la pasión por la tierra, enseñándome a amarla, respetarla teniendo en cuenta que he que hay otras formas de trabajarla teniendo un menor impacto y así mismo quiero seguir tu ejemplo, porque ahora cada gota de sudor a valido la pena. Los amo.

A mis hermanos. Jesús Tungüí Calderón, David Sebastián Tungüí Calderón gracias por el apoyo brindado los llevo siempre en mi corazón.

A mi pequeña familia. Por su apoyo, comprensión, motivación, paciencia y amor. Los amo.

A Mis abuelos .Luis Tungüí Espinoza (+), Petra Olivo Franco, Antonio Calderón Yáñez, Guadalupe Rezendiz Alonso Por el ejemplo que me han brindado de esfuerzo trabajo e humildad **GRACIAS** por todo su amor y cariño.

A mi familia. Porque he sentido el apoyo y confianza que han puesto en mi, por motivarme a salir adelante, echarle ganas y nunca darme por vencida. Gracias a todos y cada uno de los que integran parte de ella.

Resumen

El objetivo de este estudio fue la evaluación de la diversidad de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y el porcentaje de micorrización presentes en la rizósfera del orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.). Dicha investigación se llevó a cabo en dos áreas núcleo de la Reserva Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (REM-SCJ) en el mes de mayo del 2015 donde se muestrearon 15 plantas, la identificación de las especies se realizó de acuerdo a las características morfoanatómicas dónde se encontró una diversidad de cuatro familias, *Glomeraceae* fue la que presentó un mayor número de especies. De *Funneliformis geosporum* se aislaron 182 esporas, con la mayor abundancia relativa con 0.6946 y frecuencia de aislamiento del 100%. Se presentaron las especies: *Acaulospora* sp, *Entrophosporainfrecuents*, *Claroideoglomus claroideum*, *Claroideoglomus aff. lamellosum*, *Funneliformis constrictum*, *Funneliformis spinuliferum*, *Glomus aff. glomerulatum*, *Rizophagus fasciculatum*, *Sclerocystis rubiformis*, *Glomus minutum*el). Los parámetros ecológicos de la diversidad de la comunidad de HMA presentes en la rizósfera fueron de una diversidad de 2,4 y un índice de Shannon Wiener de 1.18, el índice de dominancia con 0.5, lo cual nos muestra que la diversidad en esa época del año es en promedio medianamente buena. El porcentaje de micorrización fue alto del 76.6% en adelante.

Palabras clave: Hongos micorrízicos arbusculares, *Lippia graveolens* H.B.K, *Glomeraceae*, *Abundancia* relativa, Frecuencia de aislamiento, Índice de Shannon Wiener, Índice de dominancia, Índice de equidad, Micorrización.

ABSTRAC

The objective of this study was the evaluation of the diversity of the mycorrhizal mycorrhizal fungi (AMF) and the percentage of micorrización present in the rizósfera of oregano (*Lippia graveolens* H.B.K.). This research was carried out in two core areas of the Municipal Reserve Sierra and Canyon of Jimulco (REM-SCJ) in the month of May 2015 where were sampled 15 plants, species identification was performed according to the characteristics morfoanatómicas where they found a diversity of four families, Glomeraceae was the one that had the largest number of species. Of *Funneliformis* geosporum were isolated 182 spores, with the highest relative abundance with 0.6946 and isolation frequency of 100%. The species were presented: (*Acaulosporasp*, *Entrophospora infrecuents*, *Claroideoglopus claroideum*, *Claroideoglopus aff. lamellosum*, *Funneliformis constrictum*, *Funneliformis spinuliferum*, *Glomus aff. glomerulatum*, *Rizophagus fasciculatum*, *Sclerocystis rubiformis*, *Glomus minutumel*). Ecological parameters of the diversity of the community of HMA present in the rizósfera were of a diversity of 2.4 and an index of Shannon Wiener 1.18, the index of dominance with 0.5, which shows us that the diversity of approaches in this time of year is on average fairly good. The percentage of micorrización was high of 76.6% in forward.

Key words: Arbuscular mycorrhizal fungi, *Lippia graveolens* H.B.K, Glomeraceae, Relative abundance, Isolation frequency, Shannon Wiener index, Dominance index, Equity index, Mycorrhization.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	ii
ABSTRAC	iv
I.- INTRODUCCION	1
1.1 OBGETIVO GENERAL	2
1.1.1 OBGETIVOS PARTICULARES	2
1.2 HIPÓTESIS	2
II.-REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES	3
2.1.1. SISTEMÁTICA DE HMA	3
2.1.2. DESCRIPCIÓN DE GÉNEROS DE HMA.....	5
2.1.2.1. <i>ACAULOSPORA</i>	5
2.1.2.2. <i>ENTROPHOSPORA</i>	5
2.1.2.3. <i>CLAROIDOGLOMERACEAE</i>	6
2.1.2.4. <i>GLOMERACEAE</i>	6
2.1.3. ESTRUCTURA DE HMA.....	6
2.1.3.1. HIFAS.....	8
2.1.3.2. ESPORAS.....	8
2.1.3.3. MICELIO	8
2.1.3.4. VESÍCULAS.....	9
2.1.4. MECANISMOS DE COLONIZACIÓN	9
2.1.5. INFLUENCIA DE HMA CON LA ABSORCIÓN DE FÓSFORO .	10
2.1.6. IMPACTO DE LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES EN LA SOSTENIBILIDAD	11
2.1.7. USOS DE LOS HMA.....	11
2.1.8. DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD DE HMA EN EL ECOSISTEMA.....	13
2.1.8.1. DIVERSIDAD DE HMA EN LOS AGROECOSISTEMAS	13
2.1.8.2. VENTAJAS DE LOS HMA EN LOS AGROECOSISTEMAS...	14
2.2. DIVERSIDAD ALFA EN HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES.....	14
2.2.1. MEDICIÓN DE LA DIVERSIDAD ALFA	15
2.3. <i>Lippia graveolens</i> H.B.K.	15

2.3.2. TAXONOMÍA DE <i>Lippia graveolens</i> H. B. K.	16
2.3.3. USOS Y PRODUCTOS de <i>Lippia graveolens</i> H. B. K.....	17
2.3.4. ASOCIACIÓN DE <i>Lippia graveolens</i> H. B. K. CON OTRAS ESPECIES	17
2.3.5. APROVECHAMIENTO DE <i>Lippia graveolens</i> H. B. K.....	18
2.4.7. PRODUCCIÓN DE <i>Lippia graveolens</i> H. B. K.....	18
2.4.7.1. EN MÉXICO	18
2.4.7.2. EN COAHUILA.....	19
III.- MATERIALES Y METODOS	20
3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	20
3.2 VEGETACIÓN	21
3.3 SITIO DE MUESTREO	22
3.3.1 ZONAS NÚCLEO.....	22
3.4 MUESTREO	22
3.4.1 TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO.....	23
3.4.1.1 RAÍCES.....	23
3.4.1.2 MUESTREO DE LA RIZÓSFERA.....	23
3.5 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO.....	24
3.6 DETERMINACIÓN Y METODOLOGÍA	24
3.6.1 DETERMINACIÓN DE LA FORMACIÓN Y DESARROLLO DE LA MICORRIZACIÓN	24
3.6.2 AISLAMIENTO DE ESPORAS E IDENTIFICACIÓN DE HMA	25
3.6.3 MEDIDAS DE DIVERSIDAD UTILIZADAS PARA DESCRIBIR LAS COMUNIDADES DE HMA	26
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
V.- CONCLUSION	32
VI.- LITERATURA CITADA.....	32

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de los Hongos Micorrízicos Arbusculares del Phylum <i>Glomeromycota</i> (Redecker et al., 2013)	4
Figura 2.-Estructuras diversas diferenciadas producidas por un hongo micorriza (David-Schwartz et al., 2001)	7
Figura 3.-Esquema de las diferentes etapas de la colonización de las raíces por HMA(Balestrini and Lanfranco, 2006).	10
Figura 4.-Micelio externo que se extiende desde una raíz colonizada a una partícula de suelo. Foto de I. Jakobsen en(BARRER, 2009).	12
Figura 5.-Estados productores de orégano (<i>Lippia graveolens</i> H.B.K.) en México (Villavicencio-Gutiérrez, 2010).	19
Figura 7.- Zona de muestreo en la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco.	23

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1 MEDIDAS DE DIVERSIDAD UTILIZADAS PARA DESCRIBIR LAS COMUNIDADES DE HMA.....	26
CUADRO 2.- VARIABLES DE ABUNDANCIA Y RIQUEZA DE LAS MORFO ESPECIES.....	29
CUADRO 3.- PARÁMETROS ECOLÓGICOS	30
CUADRO 4.- PORCENTAJE DE MICORRIZACIÓN EN LAS RAÍCES DE <i>LIPPIA GRAVEOLENS</i>	31

I.- INTRODUCCION

Los hongos micorrízicos arbusculares son organismos del *Phylum Glomeromycota* y forman una asociación simbiótica con las raíces de alrededor de 80% de las plantas terrestres desde hace más de 460 millones de años. ([Hong et al., 2012](#); [Montaño et al., 2012](#); [Schussler et al., 2011](#)). Estos hongos son los simbioses más indispensables en los ecosistemas ([Lumini et al., 2011](#)).

Esto es debido a las ventajas que estos hongos le proporciona a la planta como: mejor aumento en la captación de agua, y minerales, sobre todo aquellos de baja movilidad como el fósforo y el nitrógeno además de aumentar su capacidad fotosintética, por esta razón la producción de la biomasa aumenta de forma considerable. La planta también se ve protegida de la entrada de patógenos, es por ello aumenta su resistencia a las enfermedades. ([Pereira et al., 2007](#)). Estas características son indispensables para la sobrevivencia de las plantas sobre todo en condiciones extremas , como los ecosistemas áridos .([Calvo-Polanco et al., 2013](#)).

Es por ello que se tiene que hacer gran énfasis en la protección de la diversidad de los HMA para la conservación de los ecosistemas siendo el medio natural donde se encuentran más diversidad de estos hongos. ([Carballar-Hernández et al., 2012](#); [Jiao et al., 2011a](#)).

Lippia graveolens H.B.K es una planta de la familia Verbenaceae, comúnmente conocido como orégano mexicano. Es ampliamente utilizado en México como condimento en la comida y un remedio popular, por sus gran variedad de propiedades es utilizado como antibacteriano, antioxidante, antiviral y un componente importante de el matorral xerófilo de los ecosistemas áridos de México. ([Jiao et al., 2011b](#); [Martinez-Rocha et al., 2008](#); [Pilau et al., 2011](#)).

Realizó una investigación para evaluar nivel de colonización de los HMA donde estudio 50 especies de plantas perennes, en el valle semiárido de Tehuacán-Cuicatlán, centro-sur de México. Donde incluyo a *L. graveolens*, encontró en esa área a con nivel de colonización bajo ([Camargo-Ricalde et al., 2003](#)).

([Pezzani et al., 2006](#)) En el desierto Chihuahuense se estudiaron las asociaciones entre HMA con pastos en sucesiones temprana y tardía según este estudio se encontró mayor densidad de esporas en la sucesión tardía.

L. graveolens es una planta de importancia económica para los ejidatarios en la región, es por ello que los trabajos de conservación y e los microorganismos que realizan simbiosis en sus raíces son importantes .Por lo tanto el objetivo de este trabajo realizado en la reserva de la biósfera de Jimulco es la Evaluación de la diversidad y porcentaje de micorrización de los HMA presentes en la rizósfera del orégano (*L. graveolens* H.B.K.).

1.1 OBGETIVO GENERAL

Evaluación de la diversidad de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y el porcentaje de micorrización presentes en la rizósfera del orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.).

1.1.1 OBGETIVOS PARTICULARES

Identificar las especies de los hongos micorrízicos arbusculares en la rizósfera de orégano (*L. graveolens* H.B.K.)

Determinar el porcentaje de micorrización en raíces de (*L. graveolens* H.B.K.)

Calcular la diversidad α de los hongos micorrízicos arbusculares en la rizósfera de orégano (*L. graveolens* H.B.K.).

1.2 HIPÓTESIS

La diversidad de hongos micorrízicos arbusculares presentes en (*L. graveolens* H.B.K.) es alta.

II.-REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

El *Glomeromycota*, es el filo de hongos que contiene todos los conocidos 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](#)). 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](#)). Son simbioses obligados que viven en las raíces de aproximadamente el 80%-90% de las especies de plantas, la mayoría forman esporas en el suelo que son capaces de germinar y crecer a partir de un estado de reposo, al igual que en respuestas a diferentes condiciones edáficas ambientales ([Giovannetti et al., 2010](#)), esta simbiosis es el intercambio recíproco de nutrientes que resulta un beneficio nutricional para ambos simbioses dónde el hongo adquiere el carbono de la planta y la planta obtiene nutrientes minerales del hongo como Fósforo (P), Nitrógeno, Calcio, Zinc, Cobre ([Harrison et al., 2010](#)).

2.1.1. SISTEMÁTICA DE HMA

La taxonomía o clasificación de los HMA 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. Los HMA se encuentran clasificados dentro del *Phylum Glomeromycota*, este grupo de hongos del suelo son bien conocidos para establecer asociaciones de micorrizas arbusculares en las plantas de tierra que se producen en la mayoría de los ecosistemas terrestres ([Stürmer et al., 2013](#)).

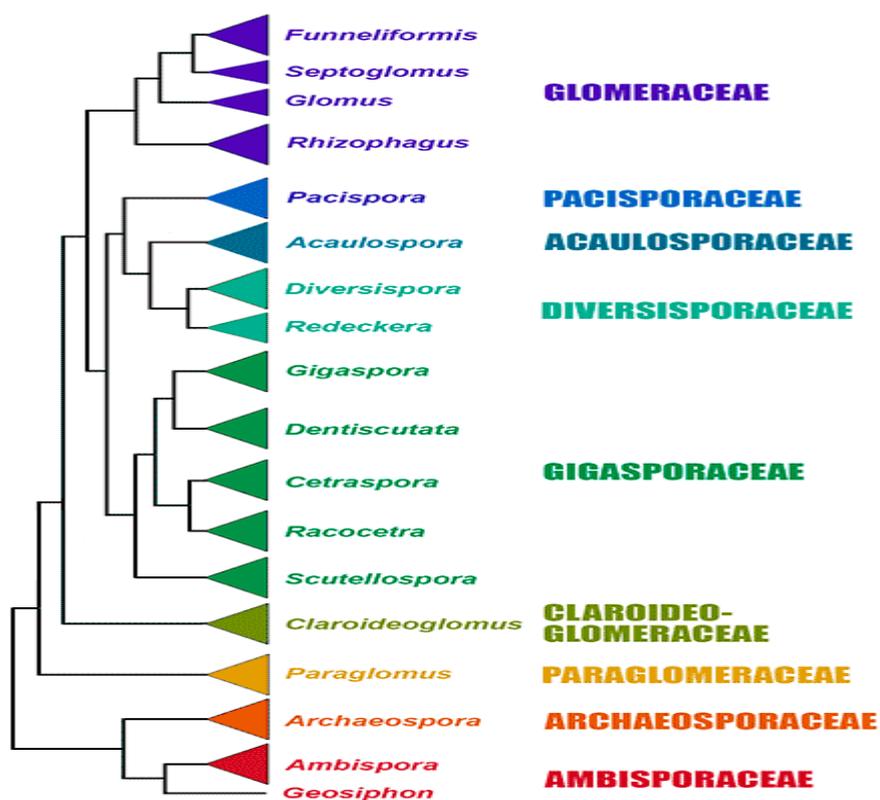


Figura 1 Clasificación de los Hongos Micorrízicos Arbusculares del *Phylum Glomeromycota* ([Redecker et al., 2013](#)).

2.1.2. 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 et al., 2006](#)).

2.1.2.1. 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 Zepeda, 1998](#)).

2.1.2.2. ENTROPHOSPORA

La espora es 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 et al., 2006](#)).

2.1.2.3. CLAROIDOGLOMERACEAE

Las especies de esta familia forma esporas que por lo general constan de una pared de tres capas de esporas: una capa exterior de desprendimiento que tiñe dextrinoid en el reactivo de Melzer, una capa de laminado intermedia, y una capa interna delgada que llena el lumen de la hifa subtiende y formando así un "tabique". Las especies se diferencian por el tamaño de las esporas y el color de la capa de estratificado medio ([Schüßler, 2010](#)).

2.1.2.4. GLOMERACEAE

Las esporas se producen por separado, en agregados, en una matriz de hifas desorganizado, o en una matriz de hifas muy ordenada con capas de la pared de la espora por lo general continua con una pared de la hifa subtiende. También pueden formar dentro de las raíces, posiblemente como un sustituto o como un reemplazo para el desarrollo de vesículas en algunas especies ([Schüßler, 2010](#)).

2.1.3. ESTRUCTURA DE HMA

Abbott y Robson en (2003) mencionan que las estructuras que forman los HMA son: esporas, arbusculos, vesículas e hifas (Fig. 2). 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 “arbúsculos” o bien se enrolla formando una envoltura para multiplicar el contacto entre las dos paredes celulares. Si los arbúsculos 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](#)).

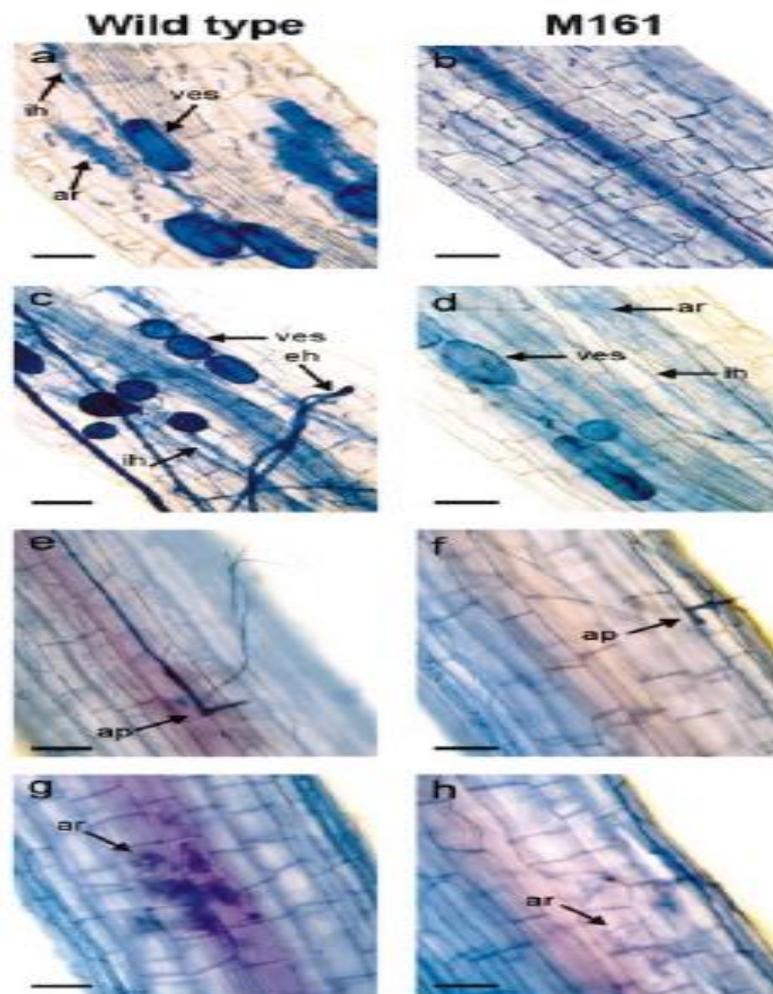


Figura 2.-Estructuras diversas diferenciadas producidas por un hongo micorriza ([David-Schwartz et al., 2001](#))

2.1.3.1. 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* ([León, 2006](#)). 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](#)).

2.1.3.2. ESPORAS

Las esporas son células morfológicamente especializadas las cuales no contribuyen directamente ni soportan actividades del desarrollo de la micorriza e interacciones hospedero-hongo. La función de la espora es llevar la información genética a nuevos hábitats e iniciar nuevos individuos espacialmente separados del organismo parental ([León, 2006](#)).

2.1.3.3. MICELIO

A la colonización de la raíz en el suelo, el hongo desarrolla una red de micelio que constituye la fase extra radical 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 ([Guerrero and del Zaidín, 2005](#)).

2.1.3.4. VESÍCULAS

Son estructuras de almacenamiento cuya formación de sustancias (lípidos) es posterior a la de los arbusculos y tiene lugar a partir del hinchamiento de una hifa terminal ([León, 2006](#)).

2.1.4. 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 figura 3 ([Tapia, 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 et al., 2001](#)). 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. ([Gu et al., 2011](#)).

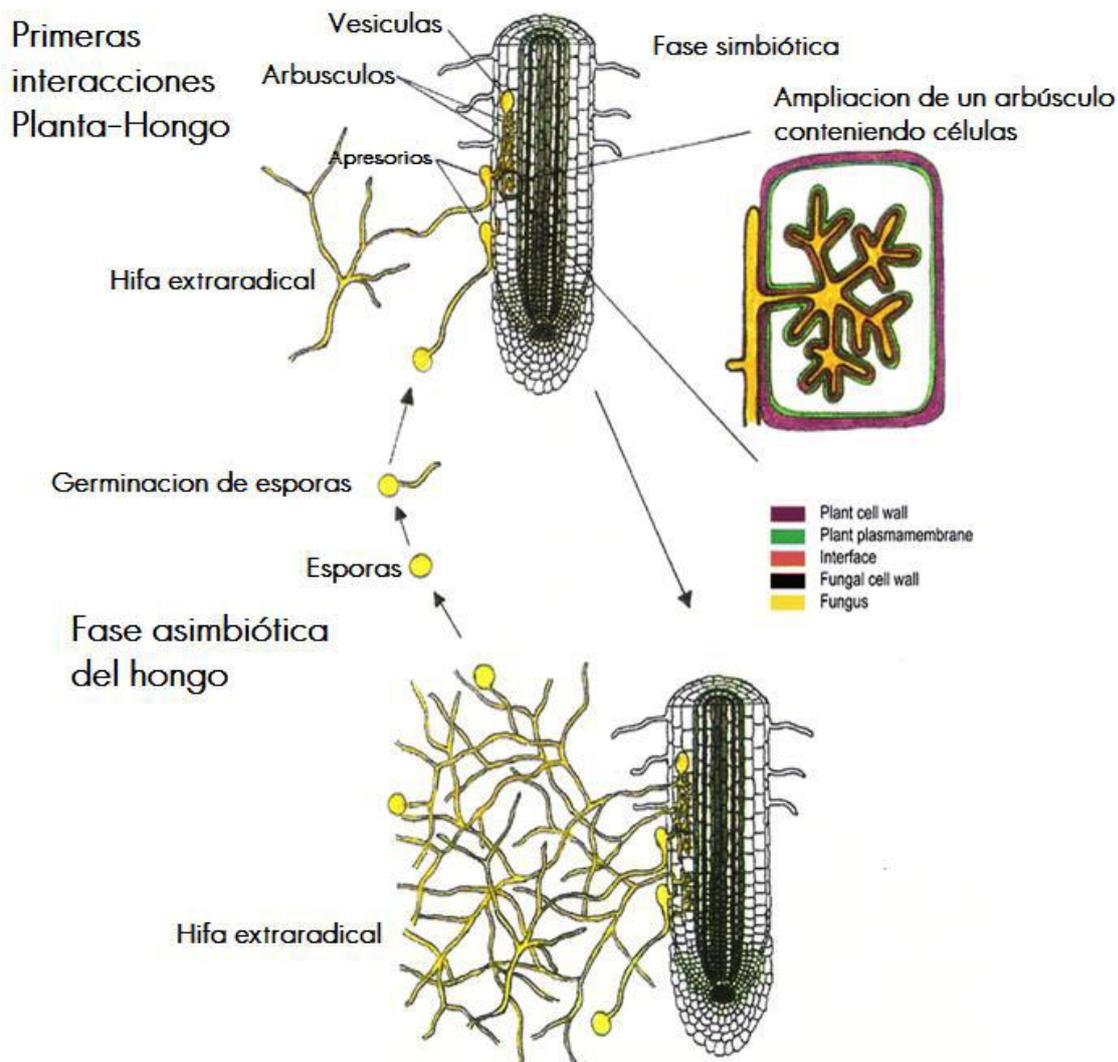


Figura 3.-Esquema de las diferentes etapas de la colonización de las raíces por HMA(Balestrini and Lanfranco, 2006).

2.1.5. 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 HMA 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 et al., 2011](#)).

2.1.6. 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 et al., 1997](#)).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) puede subsistir en suelos altamente contaminados con metales pesados. Varios metales son fungí tóxicos, en razón de la cual reducen la germinación de las esporas, el crecimiento micelial y, consecuentemente la colonización micorrízica. ([Sierra, 2008](#)).

2.1.7. USOS DE LOS HMA

El uso de los HMA 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 HMA en la agricultura radica en que su extenso micelio extra radical se forma un vinculo entra la planta y el suelo, 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 de los pelos radicales de las plantas no micorrizadas ([BARRER, 2009](#)).

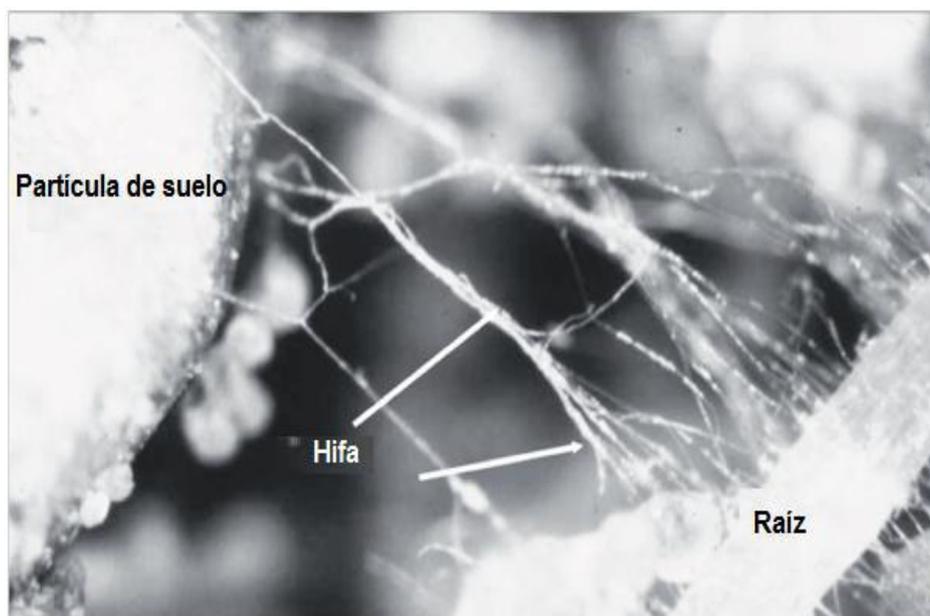


Figura 4.-Micelio externo que se extiende desde una raíz colonizada a una partícula de suelo. Foto de I. Jakobsen en([BARRER, 2009](#)).

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 ([Vega, 2011](#)).

2.1.8. DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD DE HMA EN EL ECOSISTEMA

2.1.8.1. DIVERSIDAD DE HMA EN LOS AGROECOSISTEMAS

Klironomos y otros en el 2000 menciona que la diversidad de especies de los 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 macrosistemas artificiales se ha determinado que la composición y riqueza de especies de los 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 and Flores, 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 and Flores, 2003](#)).

2.1.8.2. VENTAJAS DE LOS HMA EN LOS AGROECOSISTEMAS.

Los HMA 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 Rodrigues, 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 extra radicales 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 trasplante, resistencia a plagas por fitopatógenos 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 et al., 2011](#)).

2.2. 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*) ([Salas and Ortega, 2005](#)).

2.2.1. 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](#)).

2.3. *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 ([Cazares Alonso et al., 2010](#); [Flores Rivera, 2009](#)). 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 cosmetologías ([Güereca et al., 2007](#)). El orégano es el nombre común de un condimento, aplicado a más de 60 especies y subespecies pertenecientes a la familia Lamiaceae y Verbanaceae. De entre todas las especies vegetales de Orégano, sobresale (*L. graveolens* H. B. K.) como una planta de mayor importancia, por sus diversos usos cotidianos en medicinales e industriales ([Ocampo-Velázquez et al., 2009](#)).

2.3.2. TAXONOMÍA DE *Lippia graveolens* H. B. K.

Según el Instituto Nacional de Ecología ([VALENCIA GARCÍA, 2014](#)) la clasificación taxonómica de esta planta es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsidae

Orden: Lamiales

Familia: Verbenaceae

Género: *Lippia*

Especie: *L. graveolens*

2.3.3. 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 ([Flores Rivera, 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-Gutiérrez et al., 2010](#)).

2.3.4. ASOCIACIÓN DE *Lippia graveolens* H. B. K. CON OTRAS ESPECIES

En el estrato arbustivo: Hojasén (*Flourenciacernua*), Escalerilla (*Virguieras tenoloba*), Mariola (*Partheniumin canum*), Gobernadora (*Larrea tridentata*), Tasajillo (*Opuntia leptocaulis*), Ocotillo o Albarda (*Fouquieriasplends*), Maguey manso (*Agave salmiana*), Lechuguilla (*Agave lechuguilla*), Coxonostle (*Opuntia imbricata*), Candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*), Guayule (*Parthenium argentatum*), Palma samandoca (*Yuccacarnerosana*), 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* ([Villavicencio-Gutiérrez et al., 2010](#))

2.3.5. 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 , El método utilizado para el aprovechamiento de orégano es la defoliación y, se practica en la comarca lagunera 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 optimo 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 ([VALENCIA GARCÍA, 2014](#)).

2.4.7. PRODUCCIÓN DE *Lippia graveolens* H. B. K.

2.4.7.1. 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. 5). 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-Gutiérrez et al., 2010](#))

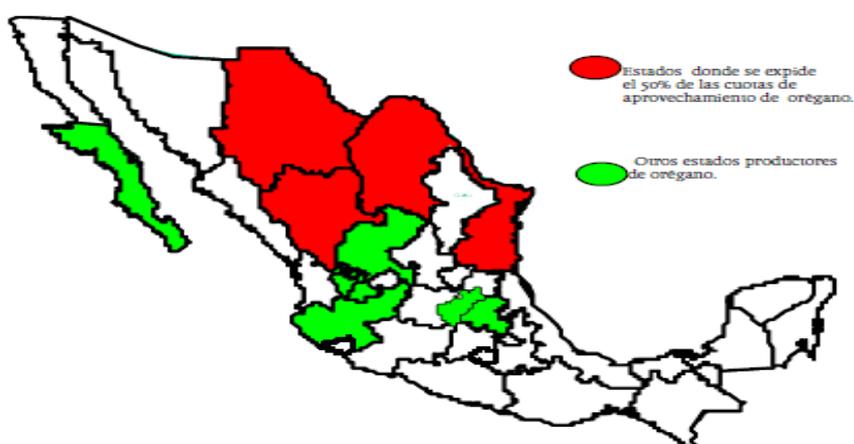


Figura 5.-Estados productores de orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) en México ([Villavicencio-Gutiérrez et al., 2010](#)).

2.4.7.2. 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. 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 ([Villavicencio-Gutiérrez et al., 2010](#)).

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva Ecológica Municipal “Sierra y Cañón de Jimulco” (REM-SCJ), se localiza en la parte suroeste del estado de Coahuila de Zaragoza dentro del municipio de Torreón. Geográficamente se ubica entre los paralelos 24°56'18" y 25°17'52" de latitud norte, y entre los meridianos 103°30'34" y 103°05'15" de longitud oeste, a una altura de 1,150 a 3,120 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con el municipio de Viesca; al sur y al oeste con el Estado de Durango. Se localiza a una distancia aproximada de 265 km. de la capital del estado ([Gobierno del Estado de Coahuila, 2002](#)). (Figura 6).

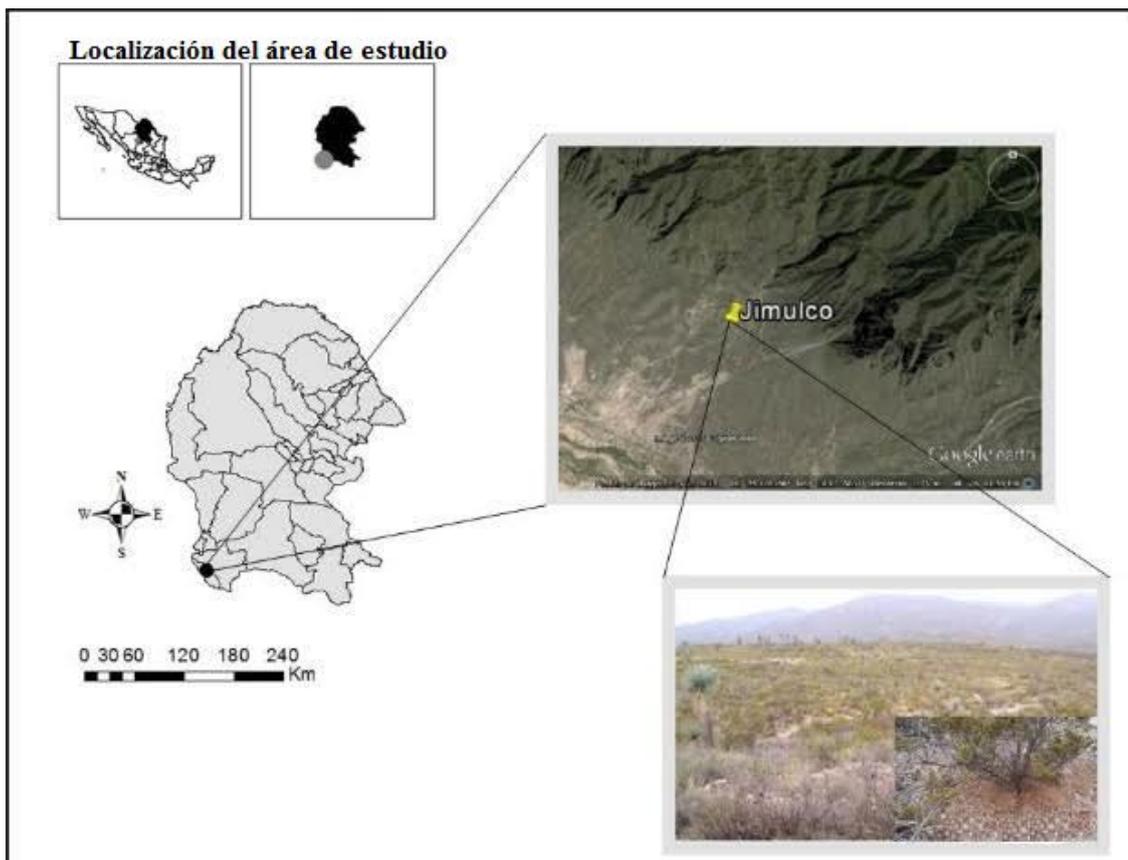


Figura 6 Área de muestreo Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (REM-SCJ), ubicada en la parte suroeste del estado de Coahuila de Zaragoza, México.

La precipitación anual oscila entre 100 y 300 mm, es escasa durante la mayor parte del año, su promedio anual varía desde 146 hasta 632 mm ([García, 1987](#); [Vidal, 2005](#)), en las porciones altas de la sierra el valor es superior a 650 mm. La temporada con mayor precipitación se presenta entre los meses de julio a octubre. Las temperaturas medias fluctúan entre 10° y 18 °C; sin embargo, es variable, desde - 8 °C durante la época invernal en las partes más elevadas hasta 38 °C en el verano para las áreas con menor altitud. La humedad atmosférica en gran parte del territorio es baja y la evaporación elevada ([Vidal, 2005](#)).

3.2 VEGETACIÓN

La sierra presenta en conjunto tres ecosistemas vegetales elementales, 1) matorral, con tres modalidades, xerófilo, micrófilo y rosetófilo, 2) chaparral y 3) bosque de encino-pino. En los matorrales las especies más frecuentes son *Larrea tridentata*, *Flouren ciacernua*, *Partheniumin canumy* *Prosopis glandulosa*, así como *Lippia graveolens* H.B.K y *Dasyilirion cedrosanum*, incluyendo amplia diversidad de cactáceas. En el chaparral, comunidad representada principalmente por arbustos esclerófilos, desarrollo vegetativo y coberturas densas, destacan las especies *Rhusvirens*, *Mortoniagreggi*, *Cercocarpus fothergilloides ssp. montanus*, *Purshiaplicata*, *Juniperus flaccida* y *Quercus spp.*; el bosque de encino-pino, es una asociación localizada en las cimas de la Sierra y en cañones húmedos y sombreados, cuyos

representantes principales son *Pinuscembroides* y *Quercus spp.* ([Flores, 2002](#); [Rzedowski, 1978](#); [Sánchez et al., 2009](#); [Villarreal and Valdés, 1992-1993](#)).

3.3 SITIO DE MUESTREO

3.3.1 ZONAS NÚCLEO

Estas zonas son dedicadas a la conservación del ecosistema y biodiversidad, zonas en donde la perturbación humana es reducida al mínimo ([Halffter, 1995](#)). El muestreo se realizó en la zona núcleo C.

3.4 MUESTREO

Estas fueron obtenidas de un ecosistema natural. Se identificaron 15 plantas de Orégano (*L. 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 18 de mayo del 2015. Estas se secaron a temperatura ambiente y se mantuvieron a 5 °C. Hasta el momento de su procesamiento.



Figura 6.- Zona de muestreo en la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco.

3.4.1 TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

3.4.1.1 RAÍCES

Se identificó la especie a muestrear en cada una de las áreas núcleo, todas las plantas se tomaron con el mismo desarrollo vegetativo. Se tomó una muestra de raíz por planta, esto para determinar el porcentaje de micorrización para lo cual las raíces ya limpias se colocaron en KOH al 10% para su traslado y posterior procesamiento en el laboratorio.

3.4.1.2 MUESTREO DE LA RIZÓSFERA

Las muestras de suelo de cada una de las plantas se tomaron de la rizósfera con una barrena de 5 cm de diámetro de 0-30 cm de profundidad obteniendo aproximadamente 500 g por planta, colocándolas inmediatamente en bolsas de polietileno para la determinación morfológica, que se llevará al laboratorio a una temperatura de 5 °C hasta su procesado, se recolectaron 2 kg de suelo previo a los análisis físico-química requeridos.

3. 5 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO

El análisis de la textura del suelo se midió el tamaño de partícula por medio del método del hidrómetro ([Bouyoucos, 1962](#)). La conductividad eléctrica y el pH se midieron con un medidor de pH de vidrio-electrodo en una: relación de suelo a agua 2,5 (w / v). El porcentaje de carbono orgánico (C) se determinó por el método húmedo-oxidación de Walkley y Black (1934), mientras que el porcentaje total de Nitrógeno (N) se midió por el método de micro-Kjedahl ([Jackson et al., 2008](#)). El porcentaje de la materia orgánica se determinó con el contenido de carbono orgánico multiplicado por el factor 1,72. La Capacidad de Intercambio catiónico se realizó por el método de Contente (1980). El P disponible se ensaya por el método de Bray y Kurtz (1945) ([Carballar-Hernández et al., 2012, 2013](#); [Hu et al., 2013](#); [Velazquez et al., 2013](#)).

3.6 DETERMINACIÓN Y METODOLOGÍA

3.6.1 DETERMINACIÓN DE LA FORMACIÓN Y DESARROLLO DE LA MICORRIZACIÓN

Las raíces se lavaron cuidadosamente con agua del grifo y se cortaron en segmentos de un cm de largo. Se tomó una cantidad de 0,5 g, los segmentos de raíz se clarearon en KOH 10% (w / v) a 90 ° C, posteriormente en baño maría persistió durante 60 min. Después de enfriar, las muestras de raíces se lavaron y se tiñeron con azul de tripano al 0,05% ([Gai et al., 2012](#)). Las raíces clareadas y teñidas se colocaron en cajas Petri con

suficiente lacto glicerol. En portaobjetos y utilizando agujas de disección se colocaron 10 segmentos de aproximadamente 1 cm de largo, paralelamente unos a otros. Sobre las raíces se adicionaron gotas de lacto glicerol, colocando posteriormente el cubre objetos. Se eliminaron las burbujas de aire y cada laminilla se selló con esmalte transparente. Para realizar la evaluación de las estructuras morfológicas características de la micorriza arbuscular, se realizaron observaciones en el microscopio óptico a través del objetivo seco débil y seco fuerte. Para ello se efectuaron tres pasajes equidistantes por laminilla. Al revisar un campo óptico donde se encontraba un segmento que contenía hifas, vesículas o arbusculos, independientemente de la intensidad de micorrización, se le otorgó el valor de uno para la evaluación total y por estructuras ([Phillips and Hayman, 1970](#)).

3.6.2 AISLAMIENTO DE ESPORAS E IDENTIFICACIÓN DE HMA

Las esporas de los HMA se extrajeron de 100 g de suelo seco de la rizósfera de cada planta muestreada. Se utilizará el método de tamizado en húmedo y decantación ([Gerdemann and Nicolson, 1963](#)), seguido por centrifugación en gradiente de sacarosa ([Walker et al., 1982](#)). Las esporas sanas se colocaron en una placa de Petri para la observación directa bajo un microscopio estereoscópico. Donde se separaron en base a sus características morfo-anatómicas. Para identificación, cada tipo de esporas se montó en polivinílico-ácido láctico-glicerina (PVLG) ([Koske and Tessier, 1983](#)). y PVLG 1: 1 (v / v) mezcla de reactivo de Melzer ([Brundrett et al., 1999](#)). La identificación se basaron en los criterios taxonómicos aceptados actualmente para la estructura de tamaño, color, ornamentación superficial y la pared de la espora, siguiendo las claves de Schenck and Pérez (1988) y las

que se encuentran disponibles en los sitios web de la Colección Internacional de Cultura (vesicular).

3.6.3 MEDIDAS DE DIVERSIDAD UTILIZADAS PARA DESCRIBIR LAS COMUNIDADES DE HMA

Cuadro 1.- Medidas de diversidad utilizadas para describir las comunidades de HMA

Índice	Formula
Densidad de espora	El número de esporas en 100 g de suelo.
La riqueza de especies	El número de especies de HMA identificados por muestra de suelo
Abundancia relativa (RA)	$RA = \frac{\text{el número de esporas de una especie (genero)}}{\text{el número total de muestras de esporas identificados}} \times 100\%$
Frecuencia de aislamiento (IF)	$IF = \frac{\text{el número de muestras de suelo en que se produjo una especie}}{\text{el número total de muestras de suelo}} \times 100\%$
índice de Shannon-Wiener de la diversidad	$H' = -\sum P_i \ln P_i$

Índice de equidad (E)

$$E = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Pi es la abundancia relativa de cada especie identificados por sitio de muestreo y se calcula por la siguiente fórmula: $P_i = n_i / N$, donde n_i es la espora número de una especie y N es el número total de muestras de esporas identificados. H_0 máx. es el máximo H_0 y calculado por la siguiente fórmula: $H_0 = \ln S$, donde S es el número total de especies identificadas por sitio de muestreo. aob fue el número total de especies identificadas por

sitio de muestreo y j es el número de especies identificadas común a ambos sitios ([Dandan and Zhiwei, 2007](#)).

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 2. Se observan los resultados de las familias obtenidas en las muestras realizadas, la familia con mayor número de especie fue *Glomeraceae* con siete, seguida por *Claroideoglomus* con dos especies, de las familias *Acaulosporaceae*, *Entrophosporaceae* solo se presento una espora de cada especie. Estos resultados concuerdan con los obtenidos con **Carter, 2014** en un estudio realizado de *Artemisia tridentata* ssp. en Wyomingensis en el sur de Idaho, EE.UU, donde las familias más abundantes fueron cinco *Glomeraceae* y dos *Claroideoglomeraceae* .también concuerdan con los resultados obtenidos por ([Carballar-Hernández et al., 2012](#)) que trabajo con *Agave potatorum* en Oaxaca México, donde la familia que se obtuvo el mayor número de especies fueron *Glomeraceae* , constituyendo el 45% del total, seguido por 35% *Acaulosporaceae* y 15% *Gigasporaceae*.

Concordando también ([Estrada et al., 2013](#)) Quien realizó un estudio de la diversidad arbuscular en la rizósfera de *Asteriscus maritimu* en ecosistemas áridos y salinos .La mayoría de las especies aisladas (16) fueron de la orden *Glomerales* (tres especies de *Funneliformis*, nueve especies de *Glomus* y una especie *Septoglomus* de las *glomeráceas* y dos especies de *Claroideoglomus* y una especie *Entrophospora*.

En relación con a la Abundancia de esporas la especie F.geosporum con 182 esporas fue la más abundante, presento el mayor número de esporas seguida por Claroideoglomus aff. Lamellosum con 20 esporas, esto concuerda

con ([Carballar-Hernández et al., 2013](#)) en un estudio realizado en *Agave potatorum* en un ecosistema semiárido donde encontró que *Glomus Funneliformis geosporum* con 1705 en los sitios estudiados fue la especie con mayor número de esporas. Las especies con menor número de esporas fueron *Glomus aff. glomerulatum*, *Glomus minutum*, *Rizophagus fasciculatum* con una espora cada una de las especies, todas de la familia de las *Glomeraceae*.

La especie con la mayor abundancia relativa fue *Funneliformis geosporum* con 0,6946 y se presentaron tres especies *Glomus aff. Glomerulatum*, *Glomus minutum*, *Rizophagus fasciculatum* con la menor abundancia relativa de 0,0038.

La frecuencia de aislamiento de *Funneliformis geosporum* fue la más alta con un valor del 100, siendo la especie que fue más representada en todas las muestras analizadas, esto concuerda con ([Carballar-Hernández et al., 2013](#)) en un estudio realizado en *Agave potatorum* en un ecosistema semiárido donde encontró que *Funneliformis geosporum* obtuvo una frecuencia de aislamiento de 100. Y difieren con los resultados obtenidos por ([Dandan and Zhiwei, 2007](#)) en un estudio de realizado Biodiversidad HMA en el valle semiárido del río Jinsha, suroeste de China mostro a *Funneliformis geosporum*, con una frecuencia de aislamiento de 41.07. Por otro lado las de menor presencia son *Glomus aff. Glomerulatum*, *Glomus minutum*, *Rizophagus fasciculatum*, con una frecuencia de aislamiento de 6,67, esto se refiere a que solo pocas esporas y en pocas muestras se encuentran presentes estas especies.

Cuadro 2.- VARIABLES DE ABUNDANCIA Y RIQUEZA DE LAS MORFO ESPECIES

Especies	No. De Esporas	Abundancia Relativa	Frecuencia de aislamiento
Acaulosporaceae			
<i>Acaulospora sp</i>	18	0,06870229	66,67
Entrophosporaceae			
<i>Entrophospora infrecuents</i>	3	0,011450382	13,33
Claroideoglomeraceae			
<i>Claroideoglopus claroideum</i>	14	0,053435115	46,67
<i>Claroideoglopus aff. Lamellosum</i>	20	0,076335878	60,00
Glomeraceae			
<i>Funneliformisconstrictum</i>	15	0,057251908	53,33
<i>Funneliformis geosporum</i>	182	0,694656489	100,00
<i>Funneliformis spinuliferum</i>	4	0,015267176	26,67
<i>Glomus aff. Glomerulatum</i>	1	0,003816794	6,67
<i>Glomus minutum</i>	1	0,003816794	6,67
<i>Rizophagus fasciculatum</i>	1	0,003816794	6,67
<i>Sclerocystis rubiformis</i>	3	0,011450382	20,00
Total numero de esporas	262		

En el cuadro 3 se muestran los parámetros ecológicos de la rizósfera de *L. graveolens* donde encontramos una riqueza de 11 especies de los HMA, con una diversidad de 2,4 y un índice de Shannon Wiener de 1.18, el índice de dominancia con 0.5, mostrando un índice de equidad 0,49, de acuerdo a los parámetros revisados nuestros índices se encontró muy buena riqueza, esto concuerda con los resultados obtenidos en un estudio realizado por ([Carballar-Hernández et al., 2013](#)) en *Agave potatorum* en un

ecosistema semiárido donde se evaluó en diferentes meses del año y en el mes de abril se obtuvo una riqueza de 14 , con una máxima diversidad de 2.6 , seguido de un índice de Shannon Wiener con un valor de 1.20, índice de dominancia con un valor de 0.30 ,por ultimo un índice de equidad de 0.46 teniendo una similitud entre ellos por otro lado no concuerdan con los resultados obtenidos ([Dandan and Zhiwei, 2007](#)) que estudio la biodiversidad de hongos micorrícicos arbusculares en el valle caliente-seco del río Jinsha, suroeste de China, obtuvo un índice de Shannon Wiener con un valor de 1.85 esto quiere decir que es una comunidad más diversa y más equitativa.

Cuadro 3.- PARÁMETROS ECOLÓGICOS

<i>Parámetros ecológicos</i>	Muestreo
Riqueza	11
Máxima diversidad	2,4
Índice de Shannon Wiener	1,18
Índice de dominancia	0,5
Índice de equidad	0,49

Como observa el cuadro 4 presenta el porcentaje de micorrización de las muestras obtenidas donde vemos claramente que la muestra cinco y 10 tienen el mayor porcentaje con 96,6% y la muestra 13 es la que menos porcentaje tiene con un 30%, y en general se interpreta como una buena abundancia de micorrizas en la rizósfera de *L. graveolens* H.B.K en su medio

natural. El cual difiere con ([de Souza et al., 2016](#)), que trabajo con *Mimosa tenuiflora* en una zona semiárida de Brasil donde el porcentaje más alto de micorrización fue de 65.57%, En otro estudio realizado por ([Wang et al., 2014](#)) que trabajo con *Leymus chinense* en ecosistema semiárido de Inner Mongolia al norte de china donde el mayor porcentaje de micorrización que obtuvieron fue de 67.8%.

No.de Muestra	Porcentaje de micorrización
1	90
2	83,3
3	86,6
4	76,6
5	96,6
6	76,6
7	83,3
8	83,3
9	83,3
10	96,6
11	46,6
12	76,6
13	30
14	83,3

15	73,3
Media	83,3

Cuadro 4.- PORCENTAJE DE MICORRIZACIÓN EN LAS RAÍCES DE

Lippia graveolens H.B.K

V.- CONCLUSIÓN

La familia de HMA con mayor presencia en rizósfera de *L. graveolens HBK* fue *Glomeraceae* y el género de mayor abundancia fue *Funneliformis*, la especie con el mayor número de esporas, abundancia relativa y frecuencia de aislamiento fue *F.geosporum*, seguida por *F. constrictum*.

Los parámetros ecológicos de la comunidad de los HMA presente en *L. graveolens* para esta fecha de muestreo fueron bajos, como la riqueza. el índice de Shannon Wiener presento un valor medio y la dominancia y la equidad tuvieron valores intermedios.

En la raíz de *Lippia graveolens H.B.K* se presentó un porcentaje de micorrización alto. Existe una muy buena micorrización, podría ser que estas especies están bien adaptadas a las condiciones de los climas semiáridos.

VI.- LITERATURA CITADA

- Balestrini, R., Lanfranco, L., 2006. Fungal and plant gene expression in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 16, 509-524.
- BARRER, S.E., 2009. EL USO DE HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES COMO UNA ALTERNATIVA PARA LA AGRICULTURA. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 7.
- Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils. *Agron. J.* 54, 464-465.
- Brundrett, M.C., Abbott, L.K., Jasper, D.A., 1999. Glomalean mycorrhizal fungi from tropical Australia. *Mycorrhiza* 8, 305-314.

- Calvo-Polanco, M., Sánchez-Romera, B., Aroca, R. 2013. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and the Tolerance of Plants to Drought and Salinity, In: Aroca, R. (Ed.) *Symbiotic Endophytes*. Springer Berlin Heidelberg, 271-288.
- Camargi-Ricalde, S., Dhillion, S., Jimenez-Gonzalez, C., 2003. Mycorrhizal perennials of the "matorral xerofilo" and the "selva baja caducifolia" communities in the semiarid Tehuacan-Cuicatlan Valley, Mexico. *Mycorrhiza* 13, 77-83.
- Camargo-Ricalde, S., Dhillion, S., Jiménez-González, C., 2003. Mycorrhizal perennials of the "matorral xerófilo" and the "selva baja caducifolia" communities in the semiarid Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Mycorrhiza* 13, 77-83.
- Carballar-Hernández, S., Palma-Cruz, F.J., Hernández-Cuevas, L., Robles, C., 2012. Arbuscular mycorrhizal potential and mycorrhizal fungi diversity associated with *Agave potatorum* Zucc. in Oaxaca, Mexico. *Ecol Res*, 1-10.
- Carballar-Hernández, S., Palma-Cruz, F.J., Hernández-Cuevas, L., Robles, C., 2013. Arbuscular mycorrhizal potential and mycorrhizal fungi diversity associated with *Agave potatorum* Zucc. in Oaxaca, Mexico. *Ecol Res* 28, 217-226.
- Cazares Alonso, N.P., Villavicencio Gutiérrez, E.E., Verde Star, J., Pecina Quintero, V., León, A., Humberto, I., 2010. Caracterización molecular y producción de aceites esenciales de diferentes genotipos de orégano (*Lippia* sp.). *Revista mexicana de ciencias forestales* 1, 85-94.
- Corradi, N., Bonfante, P., 2012. The arbuscular mycorrhizal symbiosis: origin and evolution of a beneficial plant infection. *PLoS Pathog* 8, e1002600.
- Dandan, Z., Zhiwei, Z., 2007. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the hot-dry valley of the Jinsha River, southwest China. *Applied Soil Ecology* 37, 118-128.
- David-Schwartz, R., Badani, H., Smadar, W., Levy, A.A., Galili, G., Kapulnik, Y., 2001. Identification of a novel genetically controlled step in mycorrhizal colonization: Plant resistance to infection by fungal spores but not extra-radical hyphae. *The Plant Journal* 27, 561-569.
- de Souza, T.A., Rodriguez-Echeverria, S., de Andrade, L.A., Freitas, H., 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi in *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir from Brazilian semi-arid. *Brazilian journal of microbiology* : [publication of the Brazilian Society for Microbiology] 47, 359-366.
- Estrada, B., Beltrán-Hermoso, M., Palenzuela, J., Iwase, K., Ruiz-Lozano, J.M., Barea, J.-M., Oehl, F., 2013. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of *Asteriscus maritimus* (L.) Less., a representative plant species in arid and saline Mediterranean ecosystems. *Journal of Arid Environments* 97, 170-175.
- Flores, J.A., 2002. Análisis estructural de la vegetación arbustiva y arbórea del Cerro del Centinela, Sierra de Jimulco, Municipio de Torreón, Coah. México. . UJED, Esc. Superior de Biología.
- Flores Rivera, E., 2009. POTENCIAL PRODUCTIVO DEL ORÉGANO (*Lippia graveolens* HBK.) Y CALIDAD DE SU ACEITE ESENCIAL EN DOS LOCALIDADES DE EL MEZQUITAL, DGO.
- Gadkar, V., David-Schwartz, R., Kunik, T., Kapulnik, Y., 2001. Arbuscular mycorrhizal fungal colonization. Factors involved in host recognition. *Plant Physiol* 127, 1493-1499.
- Gai, J.P., Tian, H., Yang, F.Y., Christie, P., Li, X.L., Klironomos, J.N., 2012. Arbuscular mycorrhizal fungal diversity along a Tibetan elevation gradient. *Pedobiologia* 55, 145-151.
- García, E., 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, 4a. Edition.
- Gerdemann, J.W., Nicolson, T.H., 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46, 235-244.
- Giovannetti, M., Avio, L., Sbrana, C. 2010. Fungal Spore Germination and Pre-symbiotic Mycelial Growth – Physiological and Genetic Aspects, In: Koltai, H., Kapulnik, Y. (Eds.) *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Springer Netherlands, 3-32.

- Gobierno del Estado de Coahuila, 2002. Ordenamiento ecológico del territorio. Ayuntamiento Municipal de Torreón.
- Gu, M., Chen, A., Dai, X., Liu, W., Xu, G., 2011. How does phosphate status influence the development of the arbuscular mycorrhizal symbiosis? *Plant Signal Behav* 6, 1300-1304.
- Güereca, M.C.G., Hernández, M.S., Kite, G., Vázquez, M.M., 2007. Actividad antioxidante de flavonoides del tallo de orégano mexicano (*Lippia graveolens* HBK var. *Berlandieri* Schauer). *Revista Fitotecnia Mexicana* 30, 43-49.
- Guerrero, M.G., del Zaidín, E.E., 2005. Estudio de los mecanismos implicados en la homeostasis de metales pesados en el hongo formador de micorrizas arbusculares "Glomus intraradices": tesis doctoral. Editorial Universidad de Granada.
- Halffter, G., 1995. Reserva de la biósfera y conservación de la biodiversidad en el siglo XXI. Ciencias.
- Harrison, M., Pumplin, N., Breuillin, F., Noar, R., Park, H.-J. 2010. Phosphate Transporters in Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis, In: Koltai, H., Kapulnik, Y. (Eds.) *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Springer Netherlands, 117-135.
- Hong, J.J., Park, Y.S., Bravo, A., Bhattarai, K.K., Daniels, D.A., Harrison, M.J., 2012. Diversity of morphology and function in arbuscular mycorrhizal symbioses in *Brachypodium distachyon*. *Planta*.
- Hu, J., Li, J., Wu, F., Wu, S., Ye, Z., Lin, X., Wong, M.H., 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi induced differential Cd and P phytoavailability via intercropping of upland kangkong (*Ipomoea aquatica* Forsk.) with Alfred stonecrop (*Sedum alfredii* Hance): post-harvest study. *Environ Sci Pollut Res Int*.
- Jackson, L.E., Burger, M., Cavagnaro, T.R., 2008. Roots, nitrogen transformations, and ecosystem services. *Annu Rev Plant Biol* 59, 341-363.
- Jiao, H., Chen, Y., Lin, X., Liu, R., 2011a. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in greenhouse soils continuously planted to watermelon in North China. *Mycorrhiza* 21, 681-688.
- Jiao, H., Chen, Y., Lin, X., Liu, R., 2011b. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in greenhouse soils continuously planted to watermelon in North China. *Mycorrhiza* 21, 681-688.
- Johnson, N.C., 2010. Resource stoichiometry elucidates the structure and function of arbuscular mycorrhizas across scales. *New Phytol* 185, 631-647.
- Khade, S.W., Rodrigues, B.F., 2009. ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ASSOCIATED WITH VARIETIES OF *Carica papaya* L. IN TROPICAL AGRO-BASED ECOSYSTEM OF GOA, INDIA. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10, 369-381.
- Koske, R.E., Tessier, B., 1983. A convenient, permanent slidemounting medium. *Mycol Soc Am Newslett* 34, 1-59.
- Lara, L., Flores, M., 2003. Diversidad y actividad de hongos micorrízicos arbusculares, en agroecosistemas cafetaleros perturbados por la erosión.
- León, D., 2006. Evaluación y caracterización de micorrizas arbusculares asociadas a yuca (*Manihot esculenta* sp.) en dos regiones de la Amazonía Colombiana. Trabajo de grado de microbiología agrícola y veterinaria, Pontificia Universidad Javeriana facultad deficiencias. Bogotá DC.
- López Zepeda, G.A., 1998. Hongos micorrízicos vesículo arbusculares (VA) en fragmentos de matorral sensu lato de los municipios de Linares y Hualahuis, Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León,
- Lumini, E., Vallino, M., Alguacil, M.M., Romani, M., Bianciotto, V., 2011. Different farming and water regimes in Italian rice fields affect arbuscular mycorrhizal fungal soil communities. *Ecol Appl* 21, 1696-1707.

- Martinez-Rocha, A., Puga, R., Hernandez-Sandoval, L., Loarca-Pina, G., Mendoza, S., 2008. Antioxidant and antimutagenic activities of Mexican oregano (*Lippia graveolens* Kunth). *Plant foods for human nutrition* 63, 1-5.
- Montaño, N., Alarcón, A., Camargo-Ricalde, S., Hernández-Cuevas, L., Álvarez-Sánchez, J., González-Chávez, M., Gavito, M., Sánchez-Gallen, I., Ramos-Zapata, J., Guadarrama, P., Maldonado-Mendoza, I., Castillo-Argüero, S., García-Sánchez, R., Trejo, D., Ferrera-Cerrato, R., 2012. Research on arbuscular mycorrhizae in Mexico: an historical synthesis and future prospects. *Symbiosis* 57, 111-126.
- Moreno, C., 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T Manuales y Tesis SEA. Sociedad Aragonesa de Entomología (SEA). Zaragoza, España.
- Ocampo-Velázquez, R.V., Malda-Barrera, G.X., Suárez-Ramos, G., 2009. Biología reproductiva del orégano Mexicano (*Lippia graveolens* Kunth) en tres condiciones de aprovechamiento. *Agrociencia* 43, 475-482.
- Pawlowska, T.E., Błaszowski, J., Rühling, Å., 1997. The mycorrhizal status of plants colonizing a calamine spoil mound in southern Poland. *Mycorrhiza* 6, 499-505.
- Peña, C.P., Vanegas, G.I.C., Valderrama, A.M., Cárdenas, J.H.A., Dorado, A.L.A., 2006. Micorrizas arbusculares de la Amazonia Colombiana. *Catálogo Ilustrado. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI"*.
- Pereira, G., Herrera, J., Machuca, A., Sánchez, M., 2007. Efecto del pH sobre el crecimiento in vitro de hongos ectomicorrícicos recolectados de plantaciones de *Pinus radiata*. *Bosque (Valdivia)* 28, 215-219.
- Pérez, A., Sierra, J.R., Montes, V.D., 2011. Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el Caribe Colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 3, 366-385.
- Pezzani, F., Montaña, C., Guevara, R., 2006. Associations between arbuscular mycorrhizal fungi and grasses in the successional context of a two-phase mosaic in the Chihuahuan Desert. *Mycorrhiza* 16, 285-295.
- Phillips, J.M., Hayman, D.S., 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55, 158-118.
- Pilau, M.R., Alves, S.H., Weiblen, R., Arenhart, S., Cueto, A.P., Lovato, L.T., 2011. Antiviral activity of the *Lippia graveolens* (Mexican oregano) essential oil and its main compound carvacrol against human and animal viruses. *Brazilian journal of microbiology : [publication of the Brazilian Society for Microbiology]* 42, 1616-1624.
- Redecker, D., Schüßler, A., Stockinger, H., Stürmer, S.L., Morton, J.B., Walker, C., 2013. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). *Mycorrhiza* 23, 515-531.
- Rzedowski, J., 1978. *Vegetación de México*. México, D. F.
- Salas, G.H., Ortega, C.E.M. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. In: *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*, 5-18.
- Sánchez, S.J., Flores, A., Muro, G., Alba, J.A., 2009. Jimulco: Sublime isla de biodiversidad. *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas* 6, 12-14.
- Schussler, A., Kruger, M., Walker, C., 2011. Revealing natural relationships among arbuscular mycorrhizal fungi: culture line BEG47 represents *Diversispora epigaea*, not *Glomus versiforme*. *PLoS One* 6, e23333.
- Schüßler, A.y.C.W.C. 2010. El _Glomeromycota : una lista de especies con nueva copia electrónica en línea families._ disponible en <http://www.amf-phylogeny.com>.
- Sierra, B.E.G., 2008. Micorriza arbuscular. *Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. Tecnología en Marcha* 21, 191-201.

- Sturmer, S.L., 2012. A history of the taxonomy and systematics of arbuscular mycorrhizal fungi belonging to the phylum Glomeromycota. *Mycorrhiza* 22, 247-258.
- Stürmer, S.L., Stürmer, R., Pasqualini, D., 2013. Taxonomic diversity and community structure of arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota) in three maritime sand dunes in Santa Catarina state, south Brazil. *Fungal Ecology* 6, 27-36.
- Tapia, J., 2003. Identificación de hongos micorrícicos arbusculares aislados en suelos salinos y su eficiencia en plantas de lechuga (*Lactuca sativa*). Tesis de Doctorado Universidad de Colima. México,
- VALENCIA GARCÍA, A., 2014. HIERBAS AROMÁTICAS Y ESPECIAS MÁS UTILIZADAS EN MÉXICO.
- Varela, L., Trejo, D., 2001. Los hongos micorrizógenos arbusculares como componentes de la biodiversidad del suelo en México. *Acta Zoológica Mexicana* 1, 39-51.
- Vega, F., 2011. Diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares y potencial micorrízico de dos agroecosistemas y una zona natural del estado de Michoacán. Master Thesis. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.[Links],
- Velazquez, M.S., Cabello, M.N., Barrera, M., 2013. Composition and structure of arbuscular-mycorrhizal communities in El Palmar National Park, Argentina. *Mycologia* 105, 509-520.
- Vidal, Z.R., 2005. Las Regiones climáticas de México, 1a Edition México
- Villarreal, J.Á., Valdés, J., 1992-1993. Vegetación de Coahuila, México. *Revista de manejo de pastizales* 6, 18-16 19.
- Villavicencio-Gutiérrez, E., Cano-Pineda, A., Garcia-Cuevas, X., 2010. Metodología para Determinar las Existencias de Orégano (*Lippia graveolens* HBK) en Rodales Naturales de Parras de la Fuente Coahuila. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (ed), Saltillo Coahuila México, 42.
- Walker, C., Mize, C.W., McNabb Jr, H.S., 1982. Populations of endogonaceous fungi at two locations in central Iowa. *Canadian Journal of Botany* 60, 2518-2529.
- Wang, Q., Bao, Y., Liu, X., Du, G., 2014. Spatio-temporal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi associated with glomalin-related soil protein and soil enzymes in different managed semiarid steppes. *Mycorrhiza* 24, 525-538.
- Wang, Y.Y., Vestberg, M., Walker, C., Hurme, T., Zhang, X., Lindstrom, K., 2008. Diversity and infectivity of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils of the Sichuan Province of mainland China. *Mycorrhiza* 18, 59-68.