

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**ANALIZAR LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE LOS HONGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA) PRESENTES EN LA RIZÓSFERA DE
*Larrea tridentata***

Por:

Luis Alexis Gamboa Cruz

TESIS

Presentada como requisito parcial

Para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

JUNIO DE 2015.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

ANALIZAR LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE LOS HONGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA) PRESENTES EN LA RIZÓSFERA DE
Larrea tridentata

POR:

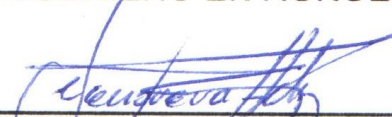
LUIS ALEXIS GAMBOA CRUZ

TESIS

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

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

PRESIDENTE:


M.C. GENOVEVA HERNÁNDEZ ZAMUDIO

VOCAL:


DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO

VOCAL:


M. C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES

VOCAL SUPLENTE:


M.C. LUZ MARÍA PATRICIA GUZMÁN CEDILLO


M. C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE CARRERAS AGRONÓMICAS  Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

JUNIO 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

ANALIZAR LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE LOS HONGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA) PRESENTES EN LA RIZÓSFERA DE
Larrea tridentata

POR:

LUIS ALEXIS GAMBOA CRUZ

TESIS

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

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL


M.C. GENOVEVA HERNÁNDEZ ZAMUDIO

ASESOR


DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO

ASESOR

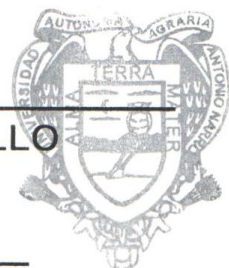

M. C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES

ASESOR


M.C. LUZ MARÍA PATRICIA GUZMÁN CEDILLO


M. C. VICTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y haberme permitido crecer al lado de sus mejores ángeles y permitirme poder llamarlos padres, hermanos y abuela, por iluminar mi camino siempre y por toda esa libertad que me ha permitido llegar muy lejos, tanto como he querido y sé que me seguirá ayudando para volar aún más alto.

A mi honorable “Alma Terra Mater” por abrir sus puertas y ser mi casa de estudios, por permitir mi formación académica dentro de sus instalaciones y darme experiencias que jamás olvidaré; es y será siempre un orgullo ser Buitre.

A mis padres por todo ese apoyo que incondicionalmente siempre recibí de ustedes, por darme fuerzas cuando más la necesitaba y por seguir creyendo en mí, sé que éste logro es uno más para nuestra valiosa familia, es un trabajo que lo hemos hecho juntos, y porque aunque he fallado me han seguido queriendo; mis más sinceras gracias.

A la ING. Ana Gabriela Gamboa Cruz mi hermana, mi amiga y mi ejemplo a seguir, gracias por tu infinito apoyo porque sin ti esto que hoy se está terminando exitosamente no sería posible, a ti te agradezco esto y muchas cosas de mi vida que por a ti he logrado; créeme sinceramente que lo que quiero decirte es algo más que gracias pero que aún ni llenando mil páginas podría dejarlo claro, algo así como lo que Louis quiere decir pero no puede explicar; estoy muy orgulloso de ti, porque has sabido llegar muy lejos y sé que aún llegarás mucho más lejos; te quiero con el corazón.

A Claudiney Gamboa Cruz no sabes cuánto te agradezco todo el apoyo que me diste nunca me dejaste solo y siempre conté contigo en todo momento; infinitamente gracias por todas esas palabras de aliento por llorar conmigo al teléfono y sonreír juntos cuando todo había pasado, eres tu un ejemplo de fortaleza porque a pesar de que cargas el mundo en tus hombros no te doblas y sigues adelante creyendo en un mejor porvenir.

A José Leonel Gamboa Cruz mis más sinceras gracias por apoyarme cuando más lo necesite, y por estar ahí en todo momento te quiero carnal.

A mi abuelita Delina Santos Samayoa, a usted abuelita por todos esos sabios consejos, por todos esos cuentos y por tantísimo cariño, gracias por todas las bendiciones que me regaló antes de emprender el viaje, por pedir por mí, gracias por consentirme tanto.

M.C Genoveva Hernández Zamudio le agradezco por todo el tiempo que dedicó para la realización de este trabajo, mis más sinceras gracias por toda esa paciencia y empeño que mostró para conmigo y apoyarme en todo momento no solo en el proceso de este trabajo sino a lo largo de toda la carrera. Dios esté siempre con usted y con su hermano.

DR. Jesús Vásquez Arroyo por todas sus enseñanzas sus consejos, por su interés por forjar buenos Agroecólogos, muchas gracias.

M.C. Gerardo Zapata Sifuentes por el tiempo y dedicación que mostró a lo largo de este camino y para la elaboración de este trabajo.

M.C. Luz María Patricia Guzmán Cedillo por su disponibilidad para atenderme y por todos sus consejos y orientación.

A la familia Muñoz Gómez por tenderme la mano cuando más lo necesité por hacerme un espacio en su hogar, por tratarme como de su familia y hacerme sentir como en casa; muchas gracias nunca se me olvidará todo lo que hicieron por mí que Dios me los bendiga siempre. Jamás olvidaré que si lo deseo con el corazón y lucho con el corazón podré lograrlo.

A mi amiga y compañera de aventuras Claudia Patricia Chatú Toalá, por todos esos consejos que me diste y por esas palabras de aliento que siempre tuve de ti, por estar conmigo siempre que me quedé solo, y por todas esas fiestas que juntos disfrutamos por tan maravillosos recuerdos que me quedan de ti, risas, lagrimas, aventuras y un montón de sueños; siempre te recordaré.

A mi amiga Fatima Carolina Luna Ávila, por tan bonita amistad que me traen tantos recuerdos gratos, porque formaste parte de este viaje con el mismo destino; mis mejores deseos para ti Dios te cuide.

A mis amigos María, Toña, Carlos y su Noly por todos los recuerdos que me quedan, por hacerme reír con cada ocurrencia tuyas, muchas gracias porque ustedes hicieron que el camino fuera más ameno.

DEDICATORIA

A mi madre Yolanda Cruz Santos, eres tú la que ha trabajado durante toda tu vida para que tus hijos sean hombres y mujeres de bien; le agradezco siempre a Dios por darme a la mamá más linda, la más fuerte, y la más ejemplar; gracias mamá por no rendirte en los momentos difíciles que fueron muchos, por enseñarme a sonreír cuando quería llorar, gracias por enseñarme a disfrutar la vida, pero sobre todo gracias por enseñarme a luchar, por todas esas palabras de aliento; por tan valiosos consejos, por todas tus oraciones, Siempre te estaré eternamente agradecido por tanto amor, te amo madre mía.

A mi padre Leonel Gamboa Gómez, a ti papá por cada gota tuya de sudor, por la necesidad que pasaste, por la impotencia que sentiste y por las lágrimas que derramaste, quiero decirte que todo ese sacrificio que haz echo hoy tiene su recompensa, te agradezco infinitamente por creer en mi por apoyarme, aunque no fuiste el mejor ejemplo para nosotros sé que diste lo mejor de ti siempre te estaré agradecido por todo; un abrazo mi viejo.

A mis hermanos esto también es suyo, un logro más para todos, porque creyeron en mí, porque dijeron junto conmigo que si se podía y si se pudo. Me siento orgulloso de todos ustedes porque han sabido luchar para seguir adelante los quiero mis hermanos del alma y va por ustedes.

ING. Ana Gabriela Gamboa esto también te lo dedico a ti porque recuerdo muy bien que dijiste que llegaría el día en que nos reiríamos de todo lo que estábamos pasando, y lo hiciste llegar, es una enorme bendición de Dios tenerte como hermana.

ING. Faviola Antonio Carrasco a ti por ser parte de todos mis sueños, por el interés que mostraste, por todas esas palabras de aliento, por ser un motivo más en mi vida, por darme tu ayuda incondicional, por todos los abrazos y los momentos compartidos muchas gracias por creer en mí y por no dejarme solo jamás; siempre te llevo conmigo.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante el mes de mayo del 2015 en dos áreas núcleo de la Reserva Municipal Sierra y Cañón de Jimulco en el municipio de Torreón, Coahuila, con el objetivo de identificar la diversidad morfológica de los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) presentes en la rizósfera de *Larrea tridentata*, muestreándose 10 plantas por cada zona núcleo (B y C), de cada planta muestreada se obtuvo 500 g de suelo, mismo que fue procesado en laboratorio utilizando el método de decantación y tamizado. Se recolectaron las raíces más delgadas de cada planta para la determinación del porcentaje de micorrización. También se realizó el análisis físico-químico de suelo para determinar sus propiedades. La clasificación de las esporas se llevó a cabo de acuerdo a sus características morfológicas obteniendo así para la zona núcleo B los géneros *Acaulospora* y *Glomus* mientras que para la Zona núcleo C se encontraron los géneros *Arqueospora*, *Gigaspora*, *Glomus* y *Sclerosystis*, esto es una diversidad alta tomando en cuenta que es para un ecosistema árido. El género dominante fue *Glomus*, mientras que el de menor presencia fue *Acaulospora*. Por otro lado el porcentaje de micorrización fue nulo; mientras que el índice de Margalef demuestra una diversidad media para la zona B y una diversidad alta para la zona C.

Palabras clave: Hongos Micorrízicos Arbusculares, *Larrea tridentata*, diversidad, dominancia e índice de Margalef.

ABSTRAC

This research was conducted during the month of May 2015 on two core of the Municipal Reserve Sierra and Canyon Jimulco in the city of Torreon, Coahuila areas, aiming to identify morphological diversity of mycorrhizal fungi Arbusculares (HMA) present in the rhizosphere of *Larrea tridentata*, being sampled 10 plants per each core (B and C), each plant sampled area 500 g of soil was obtained, the same that was processed in the laboratory using the method of decanting and sieving. Thinner roots of each plant to determine the percentage of mycorrhization was collected. Physical-chemical soil analysis was also performed to determine their properties. The classification of spores was performed according to their morphological characteristics for obtaining core area B genres *Acaulospora* and *Glomus* while for Zone C core genres *Arqueospora*, *Gigaspora*, *Glomus* and *Sclerosystis* found, this is diversity high considering it is for an arid ecosystem. *Glomus* was the dominant genre, while the lowest was *Acaulospora* presence. On the other hand the percentage of mycorrhizal colonization was nil; while Margalef index shows an average diversity for zone B and a high diversity in Area C.

Keywords: Arbuscular mycorrhizal fungi, *Larrea tridentata*, diversity, dominance and Margalef index.

ÍNDICE

Contenido

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	V
ABSTRAC.....	VI
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General.....	3
1.1.1 Objetivos Específicos.....	3
1.2 Hipótesis	3
II. LITERATURA REVISADA.....	4
2.1 Conceptos Generales de Micorrizas.....	4
2.2 Clasificación de las Micorrizas	5
2.2.1 Ectomicorrizas	6
2.2.2 Ericoides.....	6
2.2.3 Ectendomicorrizas	6
2.2.4 Monotropoides	6
2.2.5 Endomicorrizas	7
2.2.6 Orquidoides	7
2.2.7 Arbusculares.....	7
2.3 Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA).....	8
2.3.1 Taxonomía de los HMA	8
2.3.3 HMA de los ecosistemas semiáridos	9
2.4 Larrea tridentata	10
2.4.1 Descripción de <i>Larrea tridentata</i>	10
2.4.2 Taxonomía de <i>Larrea tridentata</i>	11

2.4.2 Hábitat	11
2.4.3 Distribución	11
2.4.4 Usos.....	12
2.4.5 Produccion de <i>Larrea tridentata</i>	13
2.5 Áreas Naturales Protegidas.....	13
2.5.1 Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (REM-SCJ).....	14
2.5.2 Características del área	14
2.5.3 Problemática de los ecosistemas áridos	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1 Localización del Área de Estudio	16
3.2 Vegetación	17
3.3 Sitios de Muestreo	18
3.3.1 Zonas núcleo	18
3.4 Muestreo	18
3.4.1. Toma de muestras en campo	19
3.5 Caracterización físico-química del suelo	20
3.6 Determinación y Metodología	21
3.6.1 Determinación de la formación y desarrollo de la micorrización	21
3.6.2 Aislamiento de esporas e identificación de HMA	21
IV. RESULTADOS	23
4.1 Propiedades del Suelo	23
4.2 Porcentaje de Micorrización en Raíz de <i>Larrea tridentata</i>.....	23
4.3 Riqueza de Géneros y Ubicación Taxonómica	24
4.3.1 Zona Núcleo B	24
4.3.2 Zona Núcleo C	27
4.4 Riqueza Específica	30
4.4.1 Índice de diversidad de Margalef	30
V. DISCUSIÓN	32
VI. CONCLUSIÓN.....	34
VII. LITERATURA CITADA.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1:** Clasificación mas reciente de *Glomeromicota* basada en un consenso de las regiones que abarcan los genes de ARN ribosomal 18S (SSU), ITS1-5.8S-ITS2 (ITS), y / o 28S (LSU). La reconstrucción filogenética que subyace a esta clasificación se discute y se resume en Redecker et al. (2013).. 9
- Cuadro 2:** Puntos de georeferencia de las muestras obtenidas en las dos áreas núcleo de la Reserva Municipal Sierra y Cañón de Jimulco..... 19
- Cuadro 3:** Análisis Físicos y químicos de las muestras obtenidas de la rizósfera de *Larrea tridentata* en ambas zonas núcleo. 23
- Cuadro 4:** Géneros de esporas identificadas en las 10 muestras estudiadas de 100 g de suelo de la rizósfera de *Larrea tridentata* extraídas en la zona núcleo B de la Reserva Municipal Sierra y Cañón de Jimulco. 24
- Cuadro 5:** Géneros de esporas identificadas en las 10 muestras estudiadas de 100 g de suelo de la rizósfera de *Larrea tridentata* extraídas en la zona núcleo C de la Reserva Municipal Sierra y Cañón de Jimulco 27

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1:** Tipos de micorrizas y simbiontes implicados en la formación de las mismas. Se representa en azul el desarrollo del micelio en cada tipo de micorriza. Leyenda M = manto, H = red de Hartig, P = agregados de hifas o “pelotones”, C = ovillos o “coils”, A = arbusculos, V = vesículas. (González 2005). 5
- Figura 2:** Zonificación de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (Ramos, 2013). 17
- Figura 3:** Espora del género *Acaulosphora* aislada de la rizósfera de *Larrea tridentata* en la zona núcleo B a 40x. Foto tomada por Gamboa. Cruz L. A. 25
- Figura 4:** Esporas del género *Glomus* aisladas de la rizósfera de *Larreatridentata* en la zona núcleo B a 40x. Foto tomada por Gamboa-Cruz, L. A. 26
- Figura 5:** Esporas de género *Arqueosporas* aisladas de la rizósfera de *Larrea tridentata* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Gamboa-Cruz L. A. 28

Figura 6: Esporas del género *Gigaspora* aislada de la rizósfera de *Larrea tridentata* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Gamboa-Cruz L. A. 28

Figura 7: Esporas del género *Glomus* aislada de la rizósfera de *Larrea tridentata* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Gamboa-Cruz L. A. 29

Figura 8: Ejemplar de las esporas del género *Sclerosystis* aisladas de la rizósfera de *Larrea tridentata* a 40x. Foto tomada por Gamboa-Cruz L. A. 30

I. INTRODUCCIÓN

Las gobernadoras (*Larrea* spp., Zygophyllaceae) forman uno de los géneros más característicos de plantas de los desiertos esclerófilos en el continente Americano (Arrizaga, Ezcurra et al. 1993). *Larrea tridentata*, también conocido como *Larrea*, chaparral o arbusto de la creosota (Abou-Gazar et al. 2004). Es un arbusto perenne xerófito siempre verde, su raíz crece sólo cerca de 170 cm hacia abajo, pero se ramifica hasta más de 4 m lateralmente, Las hojas son pequeñas y bifoliadas, de un verde oscuro a verde amarillento con cutículas gruesas y una capa resinosa. Las flores son amarillas, usualmente aparecen al final del invierno o a principios de la primavera, pero pueden florecer en cualquier momento después de una lluvia (Lira-Saldívar, 2003).

La simbiosis mutualista más importante de las raíces de las plantas con microorganismos del suelo es efectuada por algunos hongos de la clase *Zygomycetes* del orden *Glomales*, denominados Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA), (Contreras, Aguilera et al. 2013).

Los Hongos Micorrízicos Arbusculares HMA son contribuyentes importantes para el desarrollo fenológico de las plantas así como para la biodiversidad y la productividad de los ecosistemas semiáridos (Caravaca et al. 2003). Estos hongos forman asociaciones simbióticas mutualistas que se establecen entre las raíces de las plantas y ciertos hongos del suelo; su principal efecto consiste en promover el crecimiento y desarrollo de las plantas al aumentar su área de exploración radical y facilitar la absorción de diferentes nutrientes como: N, K, Ca, Mg, B, Fe y en especial el ion fosfato (Sánchez, 2005).

A pesar de que México ocupa el cuarto lugar en biodiversidad vegetal con cerca de 22,000 especies registradas y que se calcula que alrededor del 70% de las plantas forman micorriza arbuscular, la diversidad taxonómica de los HMA ha sido pobremente estudiada y solamente se conocen 44 especies de estos hongos, que corresponden al 29% de las especies conocidas mundialmente (Varela, L. & D. Trejo. 2001).

En los ecosistemas áridos y semiáridos, los HMA exploran grandes volúmenes de suelo a mayores profundidades y distancias de lo que lo hacen las raíces de las plantas, para suministrar agua y nutrimentos a sus asociados vegetales; por ello, en algunos desiertos, quizás la lluvia total anual, por sí misma, no puede explicar los altos niveles alcanzados en la producción primaria de los ecosistemas locales; sin embargo se tienen pocos estudios registrados sobre la diversidad de HMA presentes en zonas áridas y semiáridas de México, por ello el objetivo del presente trabajo fue determinar la diversidad de los Hongos Micorrízicos Arbusculares presentes en la rizósfera de *Larrea tridentata* en dos diferentes áreas núcleo de la reserva municipal sierra y Cañón de Jimulco.

1.1 Objetivo General

Determinación de la diversidad morfológica de los Hongos Micorrízicos Arbusculares presentes en la rizósfera de las plantas de *Larrea tridentata* que crecen en el matorral xerófilo de dos áreas núcleo de la Reserva Municipal Sierra y Cañón de Jimulco.

1.1.1 Objetivos Específicos

- ✓ Determinar el porcentaje de micorrización en la raíz de *Larrea Tridentata* para las áreas núcleo B y C. en la Reserva municipal Sierra y Cañón de Jimulco
- ✓ Determinar la Diversidad morfológica de las esporas de los HMA en la rizósfera de *Larrea tridentata* en las áreas núcleo B y C. en la Reserva municipal Sierra y Cañón de Jimulco

1.2 Hipótesis

Tomando en cuenta que el área de trabajo pertenece a zonas áridas podemos decir que se tiene una gran diversidad morfológica de HMA debido a que ésta área está libre de contaminantes además que se tienen condiciones ambientales diferentes en cada área núcleo.

II. LITERATURA REVISADA

2.1 Conceptos Generales de Micorrizas

Estas asociaciones simbióticas entre raíces vegetales y hongos fueron denominadas en 1885 por el patólogo forestal alemán A. B. Fran como micorriza, derivado de la palabra en griego que traduce raíz fungal (Aristón, 1999). Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) forman una parte medular de la rizósfera, porque entre otras cosas se caracterizan por crecer una parte de ellos en el interior de la raíz de la planta hospedera, específicamente en el apoplasto de las células corticales y la otra en su exterior, ambas comunicadas por un micelio externo que explora gran superficie de suelo (Jaramillo 2011).

Las micorrizas mejoran el crecimiento de la planta al aumentar la superficie de absorción del sistema radical; al absorber selectivamente y al acumular ciertos nutrientes, principalmente el fósforo, al solubilizar y hacer disponibles para la planta algunos minerales normalmente insolubles; al permitir que las raíces alimentadoras funcionen durante más tiempo; y al hacer que estas raíces sean más resistentes a la infección que ocasionan algunos hongos del suelo tales como *Phytophthora*, *Pythium* y *Fusarium* (Agrios, 2002).

Por lo anterior, se dice que los HMA actúan como componente común e importante para la supervivencia y desarrollo de las plantas en los ecosistemas principalmente en aquellos sometidos a altas temperaturas y prolongado estrés hídrico (Tao et al., 2004).

Se considera a las asociaciones micorrízicas como cosmopolitas por su presencia en diversos hábitats naturales terrestres y generalistas por el amplio número de familias de plantas susceptibles de ser micorrizadas (Hernández-Cuevas, 2003).

2.2 Clasificación de las Micorrizas

La clasificación está basada en la identificación de una población y su estructura para entender las relaciones filogenéticas entre unidades taxonómicas (Bentivenga & Morton, 1994). La clasificación actual fue propuesta por Harley y Smith en 1983, y fue refrendada por Smith y Read en 1997. En esta clasificación se reconocen siete diferentes tipos de micorriza, considerando tanto sus características estructurales como el grupo taxonómico del hongo a la planta involucrada y las alteraciones morfológicas que experimentan las partes en el desarrollo de la nueva estructura (Andrade, 2010).

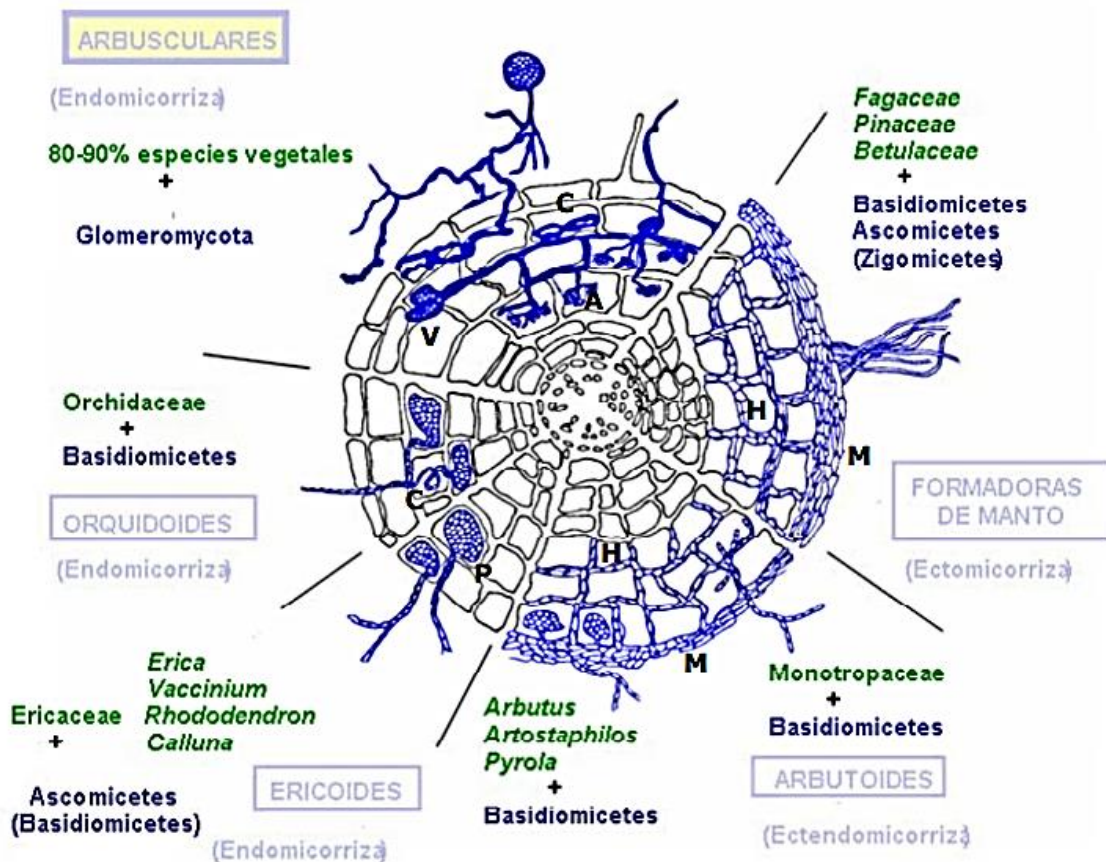


Figura: 1: Tipos de micorrizas y simbiontes implicados en la formación de las mismas. Se representa en azul el desarrollo del micelio en cada tipo de micorriza. Leyenda M = manto, H = red de Hartig, P = agregados de hifas, C = ovillos o “coils”, A = arbuscúlos, V = vesículas. (González 2005).

2.2.1 Ectomicorrizas

Los Hongos Ectomicorrízicos se caracterizan entre otras cosas por el crecimiento del hongo sobre la superficie (de ahí su nombre ecto, que significa fuera) de las raíces secundarias (Bonello, 2001).

Los hongos ectomicorrízicos se encuentran asociados aproximadamente al 10% de la flora mundial, en plantas que se encuentran principalmente en bosques boreales y templados pertenecientes a las familias *Pinaceae*, *Fagaceae*, *Betulaceae*, *Salicaceae*, *Jun - glandeaceae* y *Myrtaceae* (Amora et al., 2006).

2.2.2 Ericoides

Formada por ascomicetos o basidiomicetos y plantas de la familia de las Ericáceas. El componente fúngico de esta simbiosis presente una gran versatilidad en el uso de distintas fuentes de C, N y P, orgánicas o no, lo que contribuye significativamente a la capacidad de las plantas que forman este tipo de micorrizas para crecer en suelos con un alto contenido orgánico (González 2005).

2.2.3 Ectendomicorrizas

Son las menos extendidas y presentan características comunes con los otros dos tipos generales de micorrizas, ya que pueden formar un manto más o menos desarrollado, red de Hartig y existe una ligera penetración de las hifas en las células de la corteza, en las que forman enrollamientos u ovillos (Yu et al., 2001)

2.2.4 Monotropoides

Es otro tipo de *ectendomicorriza* que se caracteriza por establecer relación con la familia *Monotropaceae* (conformada por 10 géneros), esta familia se caracteriza porque sus miembros son plantas aclorófilas por lo que dependen en gran medida del hongo asociado para obtener nutrimentos. Las semillas de las plantas del género *Monotropa* son pequeñas y presentan dificultades para germinar en ausencia de hongos asociados.

Se ha observado que el hongo es capaz de colonizar las raíces de árboles cercanos (principalmente *Pinus* y *Picea*) y transportar nutrimentos desde el árbol a las plantas aclorófilas (Álvarez 2012).

2.2.5 Endomicorrizas

Se caracterizan porque no forman manto y las hifas penetran en las células de la epidermis y/o del cortex de la raíz (González 2005).

2.2.6 Orquidoides

Tipo de endomicorriza donde el hongo penetra las células radicales y forma estructuras llamadas ovillos. Además se distingue porque únicamente se presentan en las orquídeas. En este caso la planta es muy dependiente del hongo, ya que éste estimula la germinación de sus semillas y el crecimiento inicial de la plántula. En su fase de plántulas las orquídeas son aclorófilas y por tanto saprobias, por lo que dependen directamente de las aportaciones de compuestos de carbono y nutrimentos que proporciona el hongo. Para algunas especies de orquídeas esta dependencia se observa incluso en etapa adulta (Andrade-Torres, 2010).

2.2.7 Arbusculares

Las micorrizas arbusculares las forman entre el 80 y el 90 % de todas las plantas terrestres (Smith & Read 1997). El hongo es capaz de penetrar las células del córtex de la raíz, en las que se ramifica dicotómicamente de forma repetida; en el caso de la categoría *Arum* para dar lugar a los arbusculos, estructuras típicas de la colonización de estos hongos; mientras que en la categoría *Paris* se presentan hifas que forman ovillos, para formar coils-arbusculos (Castillo G, 2009). La presencia tanto de arbusculos como de vesículas dio lugar a que la simbiosis se conociera originalmente como vesículo-arbuscular (VA), sin embargo, no todas las especies de hongos forman vesículas, por lo que en la actualidad la asociación se conoce como micorriza arbuscular (MA) (Aguilera et al., 2007).

2.3 Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA)

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) pertenecen al phylum *Glomeromycota* (ShuBler et al, 2001) y son parte integral del sistema suelo, estos son organismos biotrofos obligados que para completar su ciclo de vida necesitan colonizar una planta susceptible (planta hospedera) y establecer la simbiosis (Redecker et al., 2000).

Los HMA forman asociaciones mutualistas con 70-90% de las plantas terrestres; producen esporas de origen asexual, caracterizadas por contener un gran número de núcleos y de glóbulos lipídicos, su ciclo de vida se inicia con la germinación de estas esporas. Los efectos de estos hongos sobre las plantas son diversos, tales como una captación de nutrimentos más eficiente, resistencia a patógenos y a condiciones ambientales adversas como sequías y niveles extremos de sales, pH y contaminantes (Wang y Qiu 2006; Smith y Lee 2008). Estos hongos no se asocian con especies vegetales específicas, sin embargo el efecto que tienen sobre ellas si puede ser diferente de acuerdo con la especie vegetal de que se trate, es decir no son específicos pero si tienen una efectividad diferencial (Li et al., 2013)

2.3.1 Taxonomía de los HMA

En la clasificación de los HMA se incluyen criterios morfológicos de las esporas, siendo las principales características, el detalle de la pared celular y su estructura que son resistentes a condiciones ambientales adversas permitiendo permanecer en el suelo con vida latente, por largos periodos y en condiciones climáticas variables (Reyes, 2002). Estos hongos están clasificados dentro del Phylum *Glomeromycota*, que es un grupo de hongos del suelo bien conocidos por establecer asociaciones de micorrizas arbusculares en las plantas de tierra que se producen en la mayoría de los ecosistemas terrestres (Stürmer et al., 2013).

Los hongos que forman micorriza arbuscular, se ubican en el orden *Glomales* de la clase *Zygomycetes* y comprenden ocho géneros con alrededor de 150 especies.

Cuadro 1: Clasificación más reciente de *Glomeromycota* basada en un consenso de las regiones que abarcan los genes de ARN ribosomal.: 18S (SSU), ITS1-5.8S (SSU), ITS1-5.8S-ITS2 (ITS), y/o 28S (LSU). La reconstrucción filogenética que subyace a esta clasificación se discute y se resume en Redecker et al. (2013)

Phylum	Familia	Géneros
<i>Glomeromycota</i>	<i>Glomeraceae</i>	<i>Glomus</i>
		<i>Rhizophagus</i>
		<i>Funneliformis</i>
		<i>Seotoglomus</i>
	<i>Pacisporaceae</i>	<i>Acaulosporaceae</i>
	<i>Diversisporaceae</i>	<i>Diversispora</i>
		<i>Redeckera</i>
	<i>Gigasporaceae</i>	<i>Gigaspora</i>
		<i>dentiscutata</i>
		<i>Cetraspora</i>
		<i>Racocetra</i>
		<i>Scutellospora</i>
	<i>Claroideo-Glomeraceae</i>	<i>Claroideoglomus</i>
	<i>Paraglomeraceae</i>	<i>Paraglomus</i>
	<i>Archaesporaceae</i>	<i>Archaeospora</i>
	<i>Ambisporaceae</i>	<i>Ambiospora</i>
<i>Geosiphon</i>		

2.3.3 HMA de los ecosistemas semiáridos

Estos ecosistemas se caracterizan por las altas temperaturas y el nivel bajo de humedad lo que limita el establecimiento de las plantas y su desarrollo. Los Hongos MA pueden mejorar el crecimiento de especies de arbustos nativos en el a corto plazo, lo que a su vez crea un entorno más favorable para el desarrollo de los procesos de los ecosistemas semiáridos (Caravaca et al., 2003).

Las características del suelo, tales como contenido de humedad, la estructura, la fertilidad, y la perturbación, tienen influencia en la composición y distribución de la comunidad de los HMA (Torrecillas et al., 2012). Sin embargo a pesar del bajo contenido de humedad del suelo, el nivel de infección con HMA en las raíces de los arbustos nativos en ecosistemas semiáridos es alto (Roldán et al., 2007).

Los beneficios de la relación entre el HMA y la planta se ven reflejados en la biomasa y el tejido de los arbustos, así como la concentración de N y P, por lo tanto la participación de los HMA en el ciclo de los nutrientes y en el de la nutrición de las comunidades vegetales es fundamental (Yang et al., 2010).

Por lo tanto con el fin de mantener la biodiversidad y la productividad de estos ecosistemas extremos, la relación HMA-planta parece aconsejable para proteger e incluso para promover el éxito de supervivencia de la vegetación nativa (Torrecillas et al., 2012).

2.4 Larrea tridentata

2.4.1 Descripción de *Larrea tridentata*

La gobernadora (*Larrea tridentata*, Zygophyllaceae), es una especie dominante de la flora en los desiertos de América del Norte que comprende tres citotipos repartidos por los desiertos de Chihuahua, Sonora y Mojave (Laport 2013). Se considera que es una de las especies más comunes en las zonas áridas de México (Arteaga et al., 2005).

La gobernadora es un arbusto siempre verde con olor fuerte característico, de 1 a 3 m de alto. Los tallos siempre negros y leñosos cuando son de más de un año de edad. Presenta hojas compuestas de dos folíolos oblongos. La flor es de color amarillo con cinco pétalos; el fruto es una cápsula compuesta por cinco válvulas que contiene una semilla de 2 a 4 mm de largo, aprovecha cualquier humedad para florecer (Márquez et al., 2003).

2.4.2 Taxonomía de *Larrea tridentata*

Reino: ---Plantae
División: -----Magnoliophyta
Clase: -----Magnoliopsida
Orden: -----Zygophyllales
Familia: -----Zygophyllaceae
Género: -----Larrea
Especie: ----- tridentata

Clasificación taxonómica de *Larrea tridentata* según Lira-Saldívar (2003).

2.4.2 Hábitat

Crece en los sitios más secos de México, en terrenos planos, laderas, lomeríos bajos (originados de materiales geológicos del cretácico superior e inferior y en planicies aluviales) (Abou-Gazar et al. 2004). Se desarrolla en lugares con temperaturas de 14 a 28 °C y presencia de 8 meses de sequía, en climas áridos (BS) y muy áridos (BW) y en precipitaciones de 150 a 500 mm anuales. No prospera en zonas de clima isoterma. Los suelos en los que se desarrolla son de profundidad variable, textura franco arenosa, estructura granular, drenaje interno medio de consistencia friable, de color café grisáceo, compacto arcilloso, calcáreo, blanco-arenoso, aluvial con pH de 6.8 a 7.6 (USDA 2015).

2.4.3 Distribución

Presenta una distribución geográfica que se extiende abundantemente en el sur de Estados Unidos y el norte de México, en la república mexicana se encuentra en los estados de Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas (Saldívar 2003). En terrenos con altitudes que van desde 400 a 1800 msnm (Arrizaga 1993).

2.4.4 Usos

2.4.4.1 Medicinal

Esta planta recibe un amplio uso en el norte del país, en afecciones de las vías urinarias como los cálculos renales y para deshacerlos, se recomienda tomar como agua de uso la cocción de toda la planta o las ramas. Para otros malestares como dolor de riñón e inflamación de vejiga, se utilizan las ramas, raíz o corteza en cocimiento, ingeridas en ayunas. En problemas ginecológicos como esterilidad femenina se sugieren lavados vaginales con el cocimiento de las hojas; también se emplea la raíz, ramas o corteza para el postparto y para regularizar la menstruación. La misma infusión es usada en baños para hemorroides, fiebre, paludismo, granos, golpes, buena cicatrización y reumatismo (Montes et al., 2000).

2.4.4.2 Industrial

La extracción de fenoles sirven de base para fabricar pinturas que se utilizan para plásticos (Montes et al., 2000). Además la resina que se extrae de las hojas contiene ácido nordihidroguayarético, que se utiliza como antioxidante en la industria alimenticia, en la elaboración de grasas para calzado, aceites, lubricantes, barnices como desincrustante de materias salinas en calderas y productos farmacéuticos (Lira 2003).

2.4.4.3 Como insecticida

Las resinas muestran actividad fungicida contra *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Pythium* spp. y otros hongos fitopatógenos. Actividad insecticida contra: gorgojo pardo del frijol (*Acanthoscelides obtectus*, Coleoptera: Bruchidae); barrenador mayor de los granos (*Prostephanus truncatus*, Coleoptera: Bostrichidae) (Hernández et al., 2007).

2.4.5 Producción de *Larrea tridentata*

2.4.5.1 En México

Se estima que el 25% (500,000 km²) del territorio nacional está cubierto con este arbusto de las zonas áridas (Arrizaga 1993). Su crecimiento es ampliamente distribuido en áreas generalmente consideradas como improductivas en las que no es conveniente el establecimiento de cultivos para la sobrevivencia de las comunidades establecidas en zonas áridas (Lira et al., 2003). En cuanto a su productividad primaria se ha registrado un promedio que va de 2,100 a 4,100 Mcal/ha/año. La biomasa de hojas representa el 47 % del total de la biomasa nueva de los tallos producidos por un crecimiento apical. No presenta casi variaciones en su producción de biomasa año con año en una misma región (CONAFOR, 2007).

Sin embargo se ha estimado que la gobernadora representa una fuente potencial de más de un millón de ton de forraje seco y unas 100,000 ton de resina con un rendimiento anual sostenido cuando se coseche cada 2 a 4 años (Rivera et al. 2001).

2.5 Áreas Naturales Protegidas

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

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

2.5.1 Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (REM-SCJ)

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

2.5.2 Características del área

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

2.5.3 Problemática de los ecosistemas áridos

Estos ecosistemas son caracterizados por el registro de las altas temperatura y el estrés hídrico durante la mayor parte del año, estas condiciones limitan el establecimiento de las plantas y su desarrollo (Tao & Zhiwei, 2004). Sin embargo dentro del ecosistema árido y semiárido, HMA pueden tener un patrón de crecimiento oportunista en respuesta a cantidades bajas y variables de precipitaciones ("ventanas de humedad") (Camargo & Dhillion 2003).

La simbiosis mutualista de los HMA es un componente común e importante para la supervivencia y desarrollo de los arbustos en los ecosistemas calientes y áridos del mundo (Tao & Zhiwei, 2004).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del Área de Estudio

La Reserva Ecológica Municipal “Sierra y Cañón de Jimulco” 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 3,129 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).

Esta zona tiene dos tipos principales de clima; el clima seco o estepario (BSo) y el muy seco o desértico (BW); este último ocupa mayor superficie dentro del área ocupando el 56.63% y se localiza sobre sierras, valles, bajadas y llanuras. El clima estepario cubre una superficie de 43.37% y se localiza principalmente en la parte central del área. Distribuido principalmente sobre sierras en una franja horizontal de este a oeste. En general el clima es extremo con veranos muy cálidos y los inviernos muy fríos (2003).

La precipitación anual oscila entre los 100 y 300 mm es escasa durante la mayor parte del año su promedio anual varía desde 146 hasta 632mm. Las temperaturas medias fluctúan entre 10° y 18 °C (Vidal, 2005). Sin embargo las temperaturas son variables, desde -8 °C durante la época invernal en las partes más elevadas, mientras que en verano para las áreas con menor altitud la temperatura se eleva hasta 38 °C (Alba, Castellón et al. 2011).

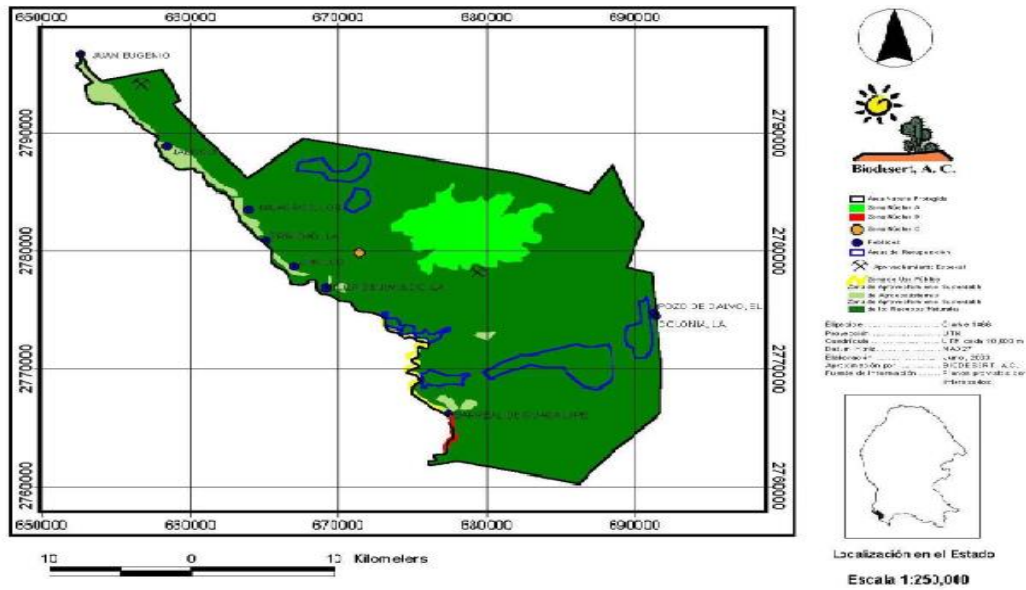


Figura: 2: Zonificación de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (Ramos, 2013).

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*, *Flourensia cernua*, *Parthenium incanum* y *Prosopis glandulosa*, así como *Agave lechuguilla* y *Dasyliirion cedrosanum*, incluyendo amplia diversidad de cactáceas. En el chaparral, comunidad representada principalmente por arbustos esclerófilos, desarrollo vegetativo y coberturas densas, destacan las especies *Rhus virens*, *Mortonia greggi*, *Cercocarpus fothergilloides ssp. montanus*, *Purshia plicata*, *Lindleya mespilioides*, *Juniperus flaccida* y *Quercus spp*; el bosque de encino-pino, es una asociación localizada en las cimas de la Sierra y en cañones húmedos y sombreados, cuyos representantes principales son *Pinus cembroides* y *Quercus spp.*, (Rzedowski, 1978, Villarreal and Valdés, 1992-1993, Flores, 2002, Sánchez et al., 2009). Se presentan zacatales que se desarrollan en valles con suelos profundos o en laderas bajas, con frecuencia mezclados con otro tipo de vegetación.

3.3 Sitios de Muestreo

3.3.1 Zonas núcleo

Comprenden aquellas áreas que por su diversidad, grado de conservación o por la presencia de especies bajo protección especial, deben ser consideradas como prioritarias para su protección (Figura 3).

3.3.1.1 Zona B

Con fundamento en la población de *Agave victoriae-reginae* T.Moore (noa) especie reportada en la NOM-095-ECOL 2001 como endémica y en peligro de extinción, el Cañón de la Cabeza, principalmente sus acantilados del lado oriental, conforman esta zona núcleo de la REM-SCJ. La cubierta es típica de matorral xerófilo, dominando nuevamente los crasirosulifolios con los géneros *Hechtia* y *Agave*, acompañados por cactáceas y otros elementos del matorral micrófilo (Biodesert, 2003).

3.2.1.2 Zona C

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

3.4 Muestreo

Se eligió una sola especie de planta del matorral xerófilo de la Reserva Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (*Larrea tridentata*) en cada una de las áreas núcleo. Se recolectaron muestras de suelo y de raíz durante la estación primaveral del mes de mayo del 2014 obteniendo un total de 40 muestras.

3.4.1. Toma de muestras en campo

3.4.1.1 Raíces

Las plantas a muestrear de *Larrea tridentata* en cada área núcleo B y C, se determinaron por su mismo desarrollo vegetativo. Se tomó una muestra de las raíces más delgadas por cada planta muestreada, una vez que estas estaban libres de imperfecciones se depositaron en frascos que contenían KOH al 10% para su traslado y posterior procesamiento a nivel laboratorio. Todo esto con el fin de poder determinar el porcentaje de micorrización.

3.4.1.2. Muestreo de la Rizósfera

Para la determinación morfológicas de HMA se tomaron 2 kg de suelo por cada área núcleo estas muestras fueron extraídas de la rizósfera de *Larrea tridentata*, con ayuda de una barrena de 5 cm de diámetro y 0-30 cm de profundidad de esta manera se extrajeron 500 g por planta, mismos que fueron colocados en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio donde se mantuvieron a una temperatura de 5 °C.

Cuadro 2: Puntos de georeferencia de las muestras obtenidas en las dos áreas núcleo de la Reserva Municipal Sierra y Cañón de Jimulco.

Muestras	Georeferencias		
	Zona B	Latitud Norte	Latitud Oeste
1		24.99190°	103.24723°
2		24.99190°	103.24723°
3		24.98377°	103.24488°
4		24.98023°	103.24796
5		24.97828°	103.24984°
6		24.96917°	103.25238°
7		24.96900°	103.25319°

8	24.96884°	103.25390°
9	24.96047°	103.25748°
10	24.96047°	103.25748°
Zona C		
1	25.11.487°	103.30930°
2	25.11.487°	103.30936°
3	25.11532°	103.30997°
4	25.11561	103.30962°
5	25.11623°	103.30981°
6	25.11665°	103.30965°
7	25.11600°	103.30897°
8	25.11370°	103.30981°
9	25.11202°	103.31157°
10	25.11002°	103.31559°

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 1: relación de suelo a agua 2,5 (w / v). El porcentaje de carbono orgánico (C) se determinó por el método húmedo-oxidación de Walkley y Black (1934), mientras que el porcentaje total de N se midió por el método de micro-Kjedahl (Jackson 1967). El porcentaje de la materia orgánica se determinó con el contenido de carbono orgánico multiplicado por el factor 1,72. El P disponible se ensaya por el método de Bray y Kurtz (1945).(Velazquez et al., 2013, Hu et al., 2013, Carballar-Hernández et al., 2013, Carballar-Hernández et al., 2012).

3.6 Determinación y Metodología

3.6.1 Determinación de la formación y desarrollo de la micorrización

Se realizó el lavado de raíz de manera cuidadosa utilizando agua del grifo, posteriormente se cortaron 10 segmentos de 1 cm de largo por muestra de raíz, estos segmentos se clarearon en KOH al 10% (W/V) a una temperatura de 90 °C se puso a baño maría durante 60 minutos, una vez que estas raíces estaban frías se lavaron y se tiñeron con azul de tripano al 0,05% (Gai et al., 2012). Las raíces lavadas y teñidas fueron colocadas en cajas Petri que contenían lactoglicerol. Con la ayuda de agujas de disección estos segmentos fueron colocados sobre un porta objetos y posteriormente se agregaron gotas de lactoglicerol para después colocar sobre estas un cubreobjetos, se eliminaron las burbujas de aire que se formaron entre los segmentos de raíz y posteriormente cada laminilla fue sellada con esmalte transparente para evitar que los segmentos colocados paralelamente se movieran; 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 (Philips and Hayman, 1970).

3.6.2 Aislamiento de esporas e identificación de HMA

Esto se realizó con 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 de HMA fueron extraídas de 100 g de suelo seco obtenido de la rizósfera de cada planta muestreada; las esporas sanas se colocaron en una placa de Petri para su observación directa bajo un microscopio estereoscópico.

Para su posterior identificación estas esporas fueron separadas en base a sus características morfo-anatómicas, las esporas se montaron en polivinílico-ácido láctico-glicerina (PVLG) (Koske and Tessier, 1983) y PVLG 1:1 (V / V) mezcla de reactivo de Melzer (Brundett et al., 1999).

La identificación se realizó en base a 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 encontradas disponibles en los sitios web de la Colección Internacional de Cultura (vesicular): Los hongos micorrícicos arbusculares (<http://invam.caf.wve.edu/>), Janusz [www.agro.ar.szczecin.pl/~Jblaszkowski /](http://www.agro.ar.szczecin.pl/~Jblaszkowski/)) y la filogénia Glomeromycota (<http://www.lrz-muenchen.de/schuessler/amphylo/>).

IV. RESULTADOS

4.1 Propiedades del Suelo

Los resultados obtenidos de los análisis de suelo (Cuadro 3), indican un suelo franco arenoso para ambas zonas núcleo (B y C), se tiene un pH de valor ligeramente alcalino. Por otro lado la conductividad eléctrica nos muestra que son suelos ligeramente salinos, mientras que la materia orgánica se encuentra en un rango mediano, por otro lado se cuenta con un nivel de Fosforo alto para ambas zonas. En contraste la Capacidad de Intercambio Catiónico se encuentra baja para las dos zonas, sin embargo para la medición del porcentaje de Nitrógeno Total se encontró en un rango bajo para la zona núcleo C, mientras que para la zona núcleo B presentó un rango medio.

Cuadro 3: Análisis Físicos y químicos de las muestras obtenidas de la rizósfera de *Larrea tridentata* en ambas zonas núcleo.

Parámetros	Resultados Obtenidos	
	Zona B	Zona C
Textura	29.44	25.44
pH en extracto	7.86	7.88
Conductividad Eléctrica en extracto mS/cm	2.15	2.14
Materia Orgánica %	1.92	1.79
Nitrógeno Total	0.11	0.08
Fósforo ppm	20.4	12.6
Capacidad de Intercambio Catiónico Meq/100g	9	11

4.2 Porcentaje de Micorrización en Raíz de *Larrea tridentata*

Para obtener el porcentaje de micorrización presente en las raíces de *Larrea tridentata* se utilizó la técnica que establece (Phillips and Hayman, 1970), sin embargo el porcentaje de micorrización fue cero para las dos zonas núcleo de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco.

4.3 Riqueza de Géneros y Ubicación Taxonómica

4.3.1 Zona Núcleo B

En el cuadro 4 se muestra que para la zona núcleo B (Cañón de la cabeza) se identificaron dos géneros de Hongos Micorrízicos Arbusculares los cuales fueron *Glomus* y *Acaulospora* de éstos, *Glomus* tuvo 23 esporas, mientras que para el género *Acaulospora* solamente se encontró una espora. Cabe mencionar que *Glomus* se encontró en nueve de las diez muestras, mientras que por otro lado el género *Acaulospora* se encontró solamente en la muestra 3. Las muestra que presentaron mayor número de esporas fueron muestra 1, muestra 4 y la muestra número 8, con 4 esporas cada una. Por otro lado la muestra número 9 no presentó ninguna espora.

Cuadro 4: Géneros de esporas identificadas en las 10 muestras estudiadas de 100 g de suelo de la rizósfera de *Larrea tridentata* extraídas en la zona núcleo B de la Reserva Municipal Sierra y Cañón de Jimulco.

Muestras	<i>Acaulospora</i>	<i>Glomus</i>	Total
1	-	4	4
2	-	1	1
3	1	3	4
4	-	4	4
5	-	2	2
6	-	1	1
7	-	3	3
8	-	4	4
9	-	-	0
10	-	1	1
Total	1	23	24

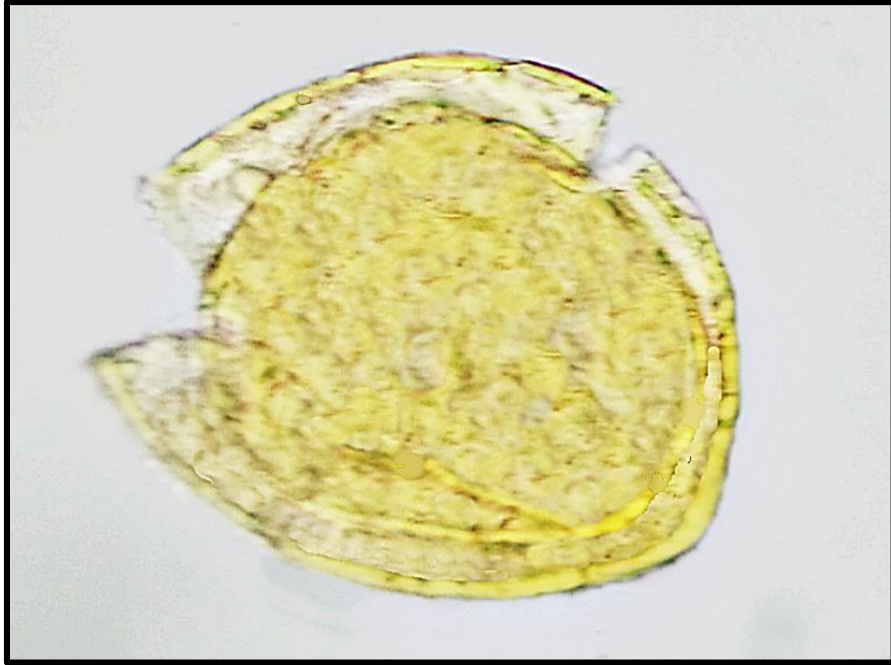


Figura 3: Espora del género *Acaulospora* aislada de la rizósfera de *Larrea tridentata* en la zona núcleo B a 40x. Foto tomada por Gamboa. Cruz L. A.

4.3.1.1 *Acaulospora*

La figura 4 se observa la diversidad de esporas del género *Acaulospora* identificada en la zona núcleo B en 100 g de suelo extraído de la rizósfera de *Larrea tridentata*.

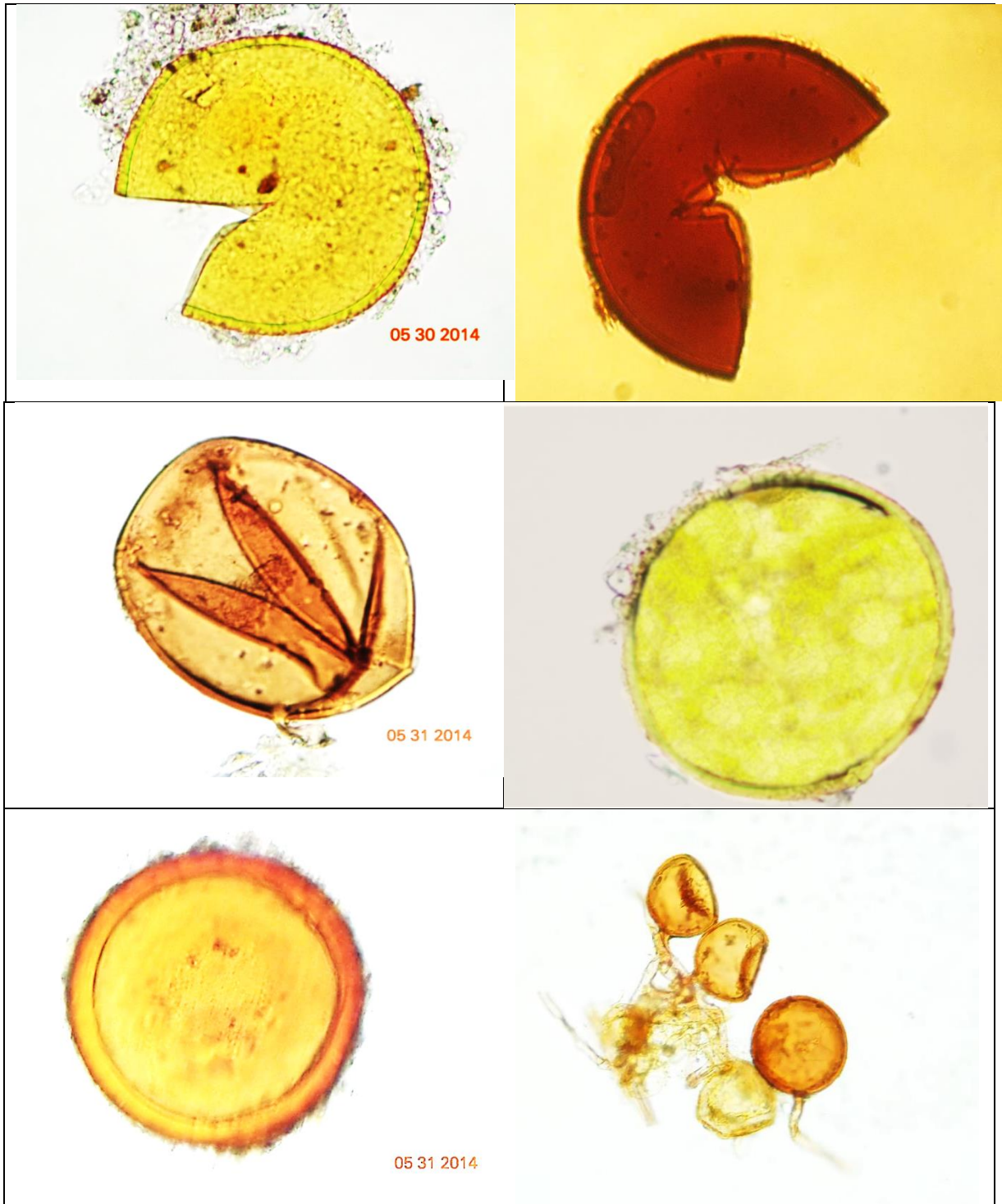


Figura 4: Esporas del género *Glomus* aisladas de la rizósfera de *Larreatridentata* en la zona núcleo B a 40x. Foto tomada por Gamboa-Cruz, L. A.

4.3.1.2 *Glomus*

En la figura 4 se muestra la diversidad de esporas del género *Glomus* presentes en la zona núcleo B.

4.3.2 Zona Núcleo C

En el cuadro 5 se muestra que para la zona núcleo C se identificaron 4 géneros de Hongos Micorrízicos Arbusculares los cuales fueron *Arqueospora*, *Gigaspora*, *Glomus* y *Sclerosystis* de estos. Para esta zona núcleo se obtuvo el mayor número de esporas en la muestra 6 con 13 esporas, seguido de la muestra 5 con 10 esporas; por otro lado las muestras con menor presencia de esporas fueron las muestras 2 y 3 con un total de 2 esporas cada una, cabe mencionar que el género con mayor número de esporas fue *Glomus* que se encontró presente en todas las muestras con un total de 62 esporas, mientras que para *Sclerosystis* que solo se encontró en la muestra 9 se encontraron 3 esporas al igual que para *Gigaspora* que se encontró en la muestra 6; por otro lado el género *Arqueospora* presentó solamente 2 esporas en la muestra 6.

Cuadro 5: Géneros de esporas identificadas en las 10 muestras estudiadas de 100 g de suelo de la rizósfera de *Larrea tridentata* extraídas en la zona núcleo C de la Reserva Municipal Sierra y Cañón de Jimulco.

Muestras	<i>Arqueospora</i>	<i>Gigaspora</i>	<i>Glomus</i>	<i>Sclerosystis</i>	Total
1	-	-	6	-	6
2	-	-	2	-	2
3	-	-	2	-	2
4	-	-	6	-	6
5	-	-	10	-	10
6	2	1	10	-	13
7	-	1	7	-	9
8	-	-	9	-	9
9	-	-	4	3	7
10	-	-	6	-	6
Total	2	2	62	3	69

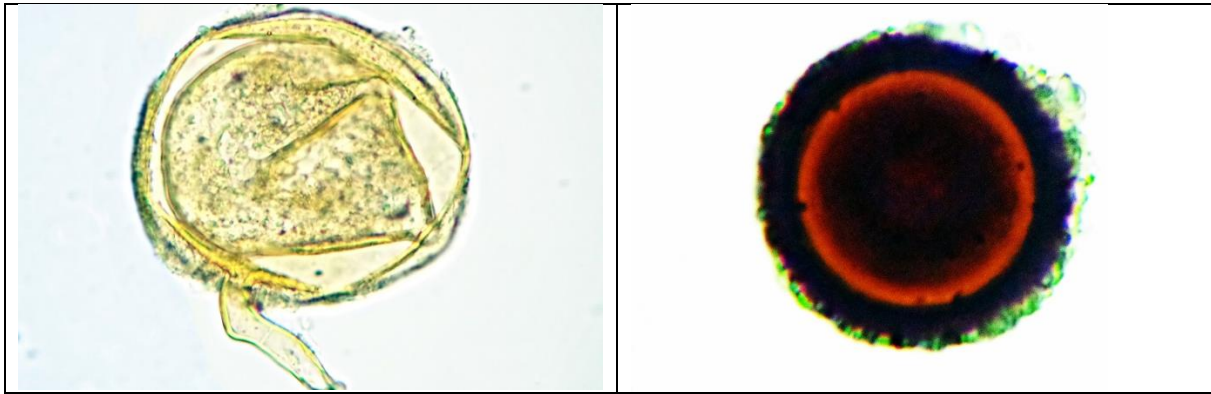


Figura: 5 Esporas de género *Arqueosporas* aisladas de la rizósfera de *Larrea tridentata* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Gamboa-Cruz L. A.

4.3.2.1 *Arqueosporas*

En la figura número 5 se muestran las esporas del género *Arqueospora* encontradas en las muestras de la zona núcleo C.

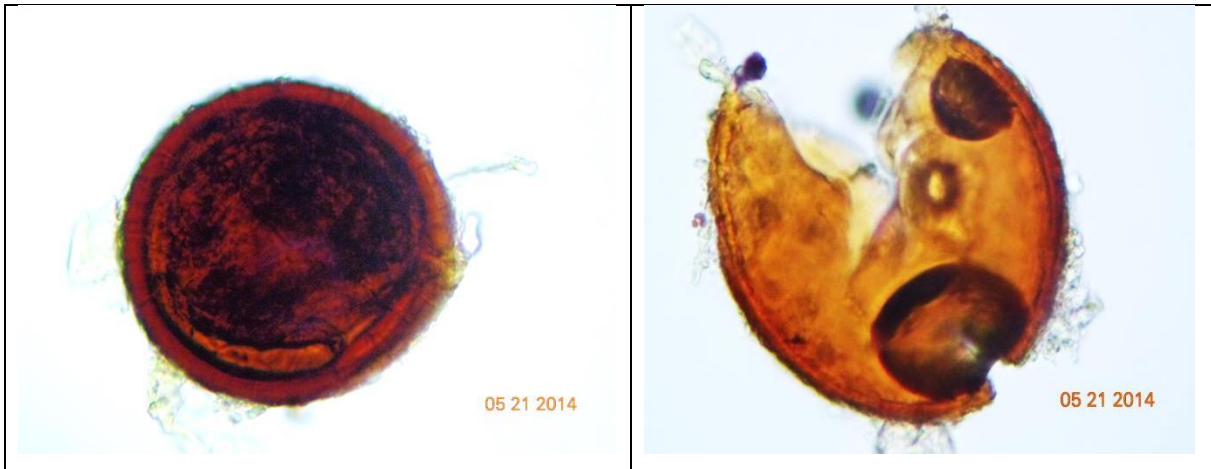


Figura 6: Esporas del género *Gigaspora* aislada de la rizósfera de *Larrea tridentata* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Gamboa-Cruz L. A.

4.3.2.2 *Gigaspora*

En la figura 5 se muestran las esporas del género *Gigaspora* presentes en la rizosfera de *Larrea tridentata* de la zona núcleo núcleo C.

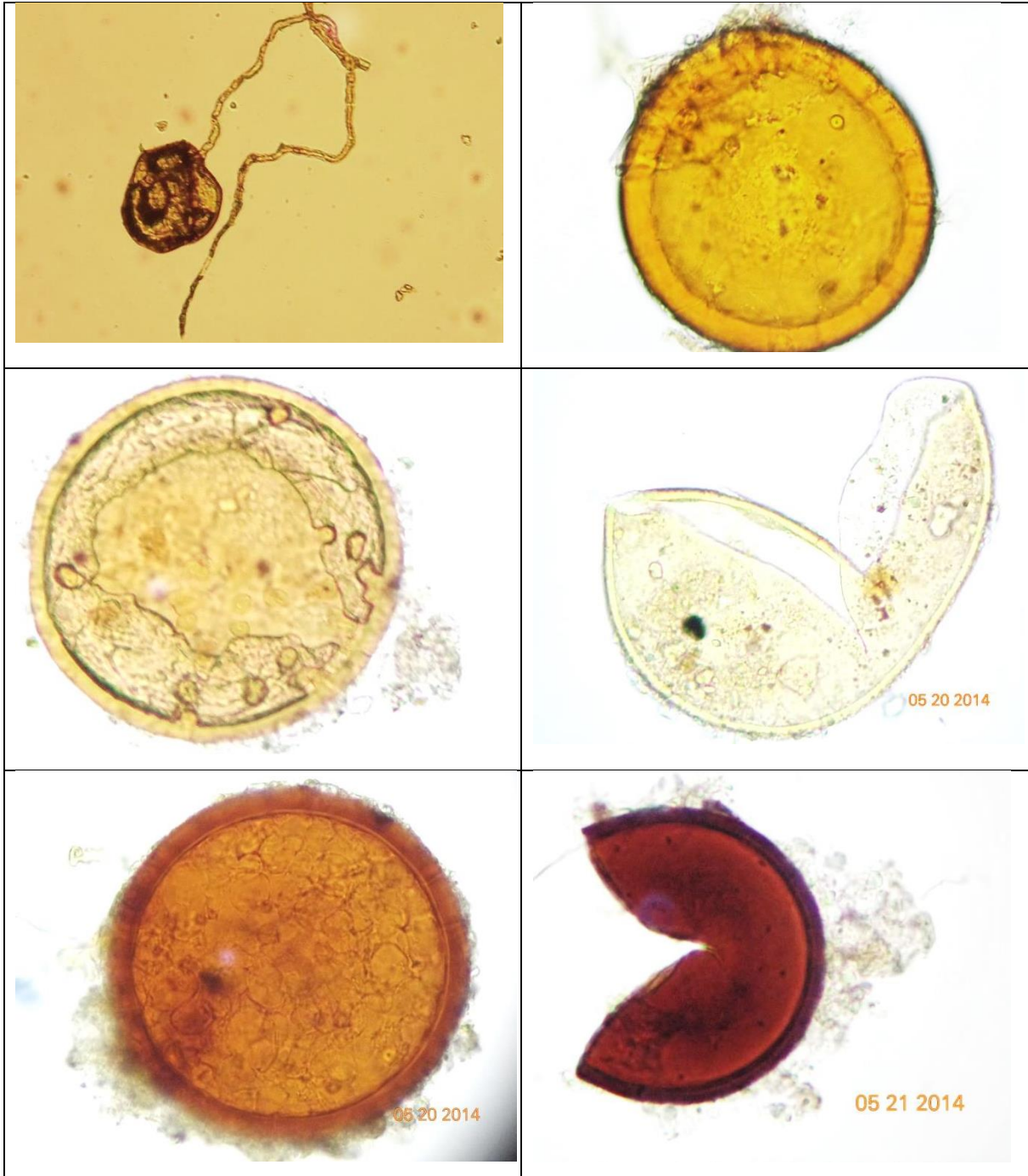


Figura7: Esporas del género *Glomus* aislada de la rizósfera de *Larrea tridentata* en la zona núcleo C a 40x. Foto tomada por Gamboa-Cruz L. A.

4.3.2.3 *Glomus*

En la figura 7 se muestran las esporas del género *Glomus* presentes en la rizósfera de *Larrea tridentata* de la zona núcleo núcleo C.

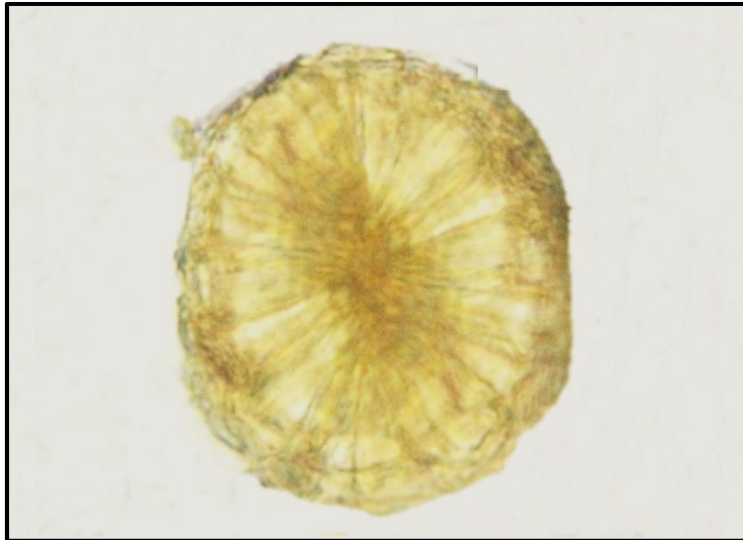


Figura 8: Ejemplar de las esporas del género *Sclerosystis* aisladas de la rizósfera de *Larrea tridentata* a 40x. Foto tomada por Gamboa-Cruz L. A.

4.3.2.4 *Sclerosystis*

En la figura 8 se muestran las esporas del género *Sclerosystis* presentes en la rizósfera extraída de *Larrea tridentata* de la zona núcleo núcleo C.

4.4 Riqueza Específica

En total se registraron 5 géneros de HMA para ambas zonas núcleo, siendo para la zona B los géneros *Acaulospora* y *Glomus*; mientras que para la zona núcleo C se obtuvieron los géneros *Arqueospora*, *Gigaspora*, *Glomus* y *Sclerosystis*, todo esto tomando en cuenta que se esperaban encontrar 5 géneros.

4.4.1 Índice de diversidad de Margalef

4.4.1.1 Zona núcleo B

Número de géneros encontrados: 2 (S)

Número total de esporas dentro de los diferentes géneros: 23

$$Dmg \frac{S - 1}{\ln N} = \frac{2 - 1}{23} = \frac{1}{23} = 0.0435$$

4.4.1.2 Zona núcleo C

Número de géneros encontrados: 4 (S)

Número total de esporas dentro de los diferentes géneros: 69

$$Dmg \frac{S - 1}{\ln N} = \frac{4 - 1}{69} = \frac{3}{4.23} = 0.70$$

V. DISCUSIÓN

Dentro de la Reserva Municipal Sierra y Cañón de Jimulco se tiene una gran diversidad de hongos micorrízicos arbusculares por varios factores, tales como las condiciones climatológicas, las características físico-químicas del suelo así como también influye que es un área libre de perturbación. Para este trabajo la hipótesis es aceptada, puesto que en el muestreo realizado en estación de primavera se encontraron cinco géneros de HMA en la rizósfera extraída de *Larrea tridentata*, los cuales son; *Acaulosphora*, *Arqueosphora*, *Gigaspora*, *Glomus* y *Sclerosystis*. Este resultado es similar al encontrado por (Carballar-Hernández et al., 2012) en un estudio de diversidad de HMA en *Agave potatorum* en el estado de Oaxaca, México en el cual registró la presencia de los mismos géneros sumado a ellos el género *Entrophospora*. Por otro lado (Camargo et al., 2003) en su estudio con *Mimosa* en el ecosistema semiárido de Tehuacán y Cuicatlán, México encontró una gran cantidad de esporas de HMA en todas sus muestras principalmente *Glomus*.

En este estudio solamente se encontraron 2 esporas del género *Gigaspora* por lo anterior cabe mencionar que en un estudio de Hongos micorrízicos arbusculares asociados a *Populus-Salix* en ecosistemas semiáridos (Beauchamp et al., 2005) no se encontraron 2 géneros importantes *Gigaspora* y *Scutellospora*, la razón de este resultado puede ser que estos géneros no son muy comunes en ecosistemas semiáridos. Por otro lado es importante destacar que en este estudio de los 5 géneros encontrados *Glomus* se presentó con mucho más frecuencia que los otros géneros, sin embargo esto puede estar ligado a lo que dice (Alguacil et al., 2009) en su estudio a través de aplicaciones de enmiendas orgánicas a un suelo semiárido degradado, y encontrando que el género *Glomus* presenta mayor número de esporas puesto a que se propagan más fácilmente gracias a la alta tasa de esporulación y la capacidad de colonizar a través de piezas de micelio o fragmentos de raíces micorrizadas de este género; Aunado a esto (Tao, L., & Zhiwei, Z., 2004) en su estudio de HMA en un ecosistema árido de China concluye que en comparación de la tasa de colonización por HMA y la intensidad de la

infección en las raíces de diferentes ecosistemas sugirieron que las plantas cultivadas en el hábitat semiárido (y árido) son más dependientes a los HMA para poder cumplir su ciclo fenológico. Por otro lado en un trabajo de investigación en Brasil (Stürmer and Siqueira, 2011) dice que para el patrón de riqueza tienen valores bajos desde 0.25 y 0.42, y hace hincapié en que los usos del suelo tienen influencia significativa en la riqueza y abundancia de especies de HMA.

Aunque este trabajo es importante para el análisis de actividad micorrízica en *Larrea tridentata*, para su estudio profundo es recomendable investigar y trabajar con la diversidad de HMA en esta planta pero en diferentes estaciones del año así como en sus diferentes etapas de desarrollo de la planta.

VI. CONCLUSIÓN

Para la zona núcleo B se encontraron dos géneros de HMA los cuales son: *Acaulosphora* y *Glomus*, siendo este último el género dominante ya que se encontró presente en todas las muestras, mientras que *Acaulosphora* solamente se encontró en una sola muestra de las diez analizadas.

En cuanto a la zona núcleo C se encontraron cuatro géneros diferentes de HMA siendo *Glomus* el género dominante presente en todas las muestras, seguido de *Gigaspora* y *Sclerosystis* que se encontraron en 2 muestras, mientras que el género con menos esporas fue *Arqueospora*.

El género dominante para ambas zonas núcleo fue *Glomus*, mientras que el género *Acaulosphora* fue el que menor incidencia tuvo en las muestras analizadas.

Para el porcentaje de micorrización no se tuvo colonización de micorrizas puesto a que el valor arrojado fue cero, por lo que se recomienda realizar otros análisis sobre este porcentaje en diferentes estaciones del año y en plantas anuales que sí podrían presentar un alto porcentaje.

El índice de Margalef, demuestra un valor bajo para la zona B con 0.31, mientras que para la zona núcleo C 0.70 considerado un valor alto para estos ecosistemas.

VII. LITERATURA CITADA

- Abou-Gazar, H., Bedir, E., Takamatsu, S., Ferreira, D., & Khan, I. A. 2004. Antioxidant Lignans from *Larrea tridentata*.
- Agrios, G. 2002. Fitopatología. Academic Press Inc. Mexico, D. F. pp 838.
- Aguilera, G, L. I., Olalde, P., Arriaga, M. R., & Contreras, A. R. 2007. Micorrizas arbusculares, Ciencia Ergo Sum, vol. 14, núm. 3, 300-306
- Álvarez, M. J. 2012. Caracterización morfológica de los ectomicorrizas asociadas a *Coccoloba uvifera* L. e identificación del micobionte con base en la región ITS del ADNr, en una población de la comunidad La Ribera, Tampico Alto, Veracruz. *Tesis de licenciatura*, Universidad Veracruzana.
- Amora, L. E., Careón, A. Y., & Martinez, T. M., 2006. Las ectomicorrizas y su uso como inoculantes.
- Andrade-Torres, A. 2010. Micorrizas: antigua interacción entre plantas y hongos. *Ciencia* 61 (4): 84-90.
- Arteaga S., Andrade-Ceto A.; Cardenas R. 2005. Larreatridentata (Creosote bush), an abundant plant of Mexican and US-American deserts and its metabolite nordihydroguaiaretic acid. *Journal of Ethnopharmacology*. 98: 231–239.
- Biodesert 2003. Asociación para la Conservación de la Biodiversidad del Desierto, A. C. y World Wildlife Fund (WWF). *La Gaceta de Biodesert.*, Ed. Esp, 2.1-15.
- Bonello, P. 2001. Mycorrhizas in the urban landscape. Ohio State University Extension Fact Sheet. HYG-3305-01.
- Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils¹. *Agron. J.*, 54, 464-465.
- Camargo-Ricalde, S. L., & Dhillon, S. S. 2003. Endemic *Mimosa* species can serve as mycorrhizal “resource islands” within semiarid communities of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Mycorrhiza* 13:129-136.

- Caravaca, F., Barrea, J. M., Palenzuela, J., Figueros, D., Alguacil, M.M. & Roldán, A. 2003. Establishment of shrub species in a degraded semiarid site after inoculation with native or allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied Soil Ecology*, 22, 103-111.
- Carballar-Hernández, S., Palma-Cruz, F. J., Hernández-Cuevas, L. & Robles, C. 2012. Arbuscular mycorrhizal potential and mycorrhizal fungi diversity associated with *Agave potatorum* Zucc. in Oaxaca, Mexico. *Ecological Research*, 1-10.
- 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. *Ecological Research*, 28, 217-226.
- Castillo, G. M. L. 2009. Caracterización morfológica de micorrizas arbusculares asociadas en raíces de tomate de árbol silvestre (*Solanum cajanumensis*) y cultivado (*Solanum betacea*) en dos sectores de la provincia de Loja.
- Contreras, R. A., Aguilera-Gómez, L., Arriega, R. M., González-Huerta, A., Potugal, V. O., & Rivas-Manzano, I. V., (2013) Arbuscular mycorrhizal fungi influence on growth and development of *Capsicum annuum* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol. 4 Núm. 1, 77-88.
- 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.
- Gobierno del Estado de Coahuila 2002. Ordenamiento ecológico del territorio. *Ayuntamiento Municipal de Torreón.*
- González, G. M. 2005. Estudios de los mecanismos implicados en la homeostasis de metales pesados en el hongo formador de micorrizas arbusculares *Glomus intraradices*. Tesis doctoral, Universidad de Granada.
- Hernández, A., Martínez, H. P., & Chavarría, S. M. 2007. Germinación y Crecimiento vegetativo al aplicar extracto de hoja de Gobernadora (*Larrea tridentata*).
- Hernández, C. L., Castillo, A. S., Martínez, O. Y., Romero, M. A., & Sánchez, G. I. 2003. Hongos Micorrizógenos Arbusculares del Pedregal de San ángel. 1ª edición UNAM.
- Jaramillo, I. R. 2011. La micorriza arbuscular (MA) centro de la rizosfera: comunidad microbiológica dinámica del suelo. *UAM-Iztapalapa* 81, 17-23.

- Laptor, R. G. 2013. Polyploid Speciation in the North American Creosote Bush (*Larrea tridentata*: Zygophyllaceae) *ProQuest Dissertation Publishing*.
- Li, X., Gai, J., Cai, X., Li, X., Christie, P., Zhang, F & Zhang J. 2013. Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with two co-occurring perennial plant species on Tibetan altitudinal gradient. *Mycorrhiza*.
- Lira-Saldívar, R. H. (2003). Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora [*Larrea tridentata* (D.C.) Coville]. *Revista Mexicana de Fitopatología*, volumen 21, núm 2, pp. 214-222.
- Lira-Saldivar, R.H., Balvantín-García, G.F., Hernández-Castillo, F.D., Jasso-Cantú, D., and Díaz-Jiménez, F. 2003. Evaluation of resin content and the antifungal effect of *Larrea tridentata* (Seese and Moc. Ex DC.) Coville extracts from two Mexican deserts against *Pythium* sp. Pringsh. *Revista Mexicana de Fitopatología*.
- Márquez, M. R., Melgoza, C. A., & Santos, S. T. 2003. Manual de Plantas Útiles. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. *Folleto técnico* No. 9
- Montes-Belmont, R., Cruz-Cruz, V., Martínez-Martínez, G., Sandoval-García, G., García-Licona, R., Zilch-Domínguez, S., Bravo-Luna, L., Bermúdez-Torres, K., Flores- Moctezuma, H.E. y Carvajal-Moreno, M. 2000. Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectivo de investigaciones. *Revista Mexicana de Fitopatología* 18:125-131.
- Rivera-Castañeda, G., Martínez-Téllez, M.A., Vallejo-Cohen, S., Alvarez-Manzanilla, G., Vargas-Arispuro, I., Moya- Sanz, P., and Primo-Yúfera, E. 2001. *In vitro* inhibition of mycelial growth of *Tilletia indica* by extracts of native plants from Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19:214-217.
- Roldán, A., Díaz-Vivancos., Hernández, A., Carrasco L., C, F. 2007 Superoxide dismutase and total peroxidase activities in relation to drought recovery performance of mycorrhizal shrub seedlings grown in an amended semiarid soil. *Journal of Plant Physiology* 165: 715—722.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México.*, México, D. F.
- Sánchez, C., Montilla, E., Rivera, R., & Cupull, R. (2005). Comportamiento de 15 cepas de Hongos Micorrizógenos (HMA) sobre el desarrollo de posturas de café en un suelo pardo gleyzoso. Pág. 83-95.

- Sánchez, S. J., Flores, A., Murgo, 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.
- SEMARNAT 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059.ECOL.2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. *Jueves 30 de diciembre de 2010. Diario Oficial de la Federación* (Segunda Sección).
- Tao, L., & Zhiwei, Z., 2004. Arbuscular mycorrhizas in a hot and arid ecosystem in southwest China. *Applied Soil Ecology*, 29, 135-141.
- Torrecillas, E., Alguacil, M. M., & Roldán, A. 2012. Host Preferences of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Colonizing Annual Herbaceous Plant Species in Semiarid Mediterranean Prairies. *Environ. Microbiol* Vol. 78 Núm. 17, p. 6180–6186.
- USDA, ARS, National Genetic Resources Program. *Germplasm Resources Information Network - (GRIN)* [Online Database]. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?21509> (06 June 2015)
- Valverde, P. L., Arrizaga, S., & Ezcurra, E. (1993). Movimiento floral en *Larrea tridentata* (SESSE & Moc. Ex DC) Cov. En relación con la sequía y edad de la hoja. *Acta botánica mexicana*, 21:15-21
- Varela, L., & Trejo, D., (2001). Los Hongos Micorrizógenos Arbusculares como Componentes de la Biodiversidad del Suelo en México. *Conservación y Manejo Sostenible de la Biodiversidad Bajo del Suelo*. Número especial 1: 39-51.
- Velazquez, M. S., Cabello, M. N. & Barrera, M. 2013. Composition and structure of arbuscular-mycorrhizal communities in El Palmar National Park, Argentina. *Mycologia*, 105, 509-20.
- Vidal, Z. R. 2005. *Las regiones climáticas de México*, México.
- Villarreal, J. Á. & Valdés, J. 1992-1993. Vegetación de Coahuila, México. *Revista de manejo de pastizales*, 6, 18-6 9.
- Yang, C., Hamel, C., Schellenber, M. P., Perez, J. C., Berbara, R. L., 2010. Diversity and Functionality of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Three Plant Communities in Semiarid Grasslands National Park, Canada. *Microb Ecol*, 59:724–733.

Yu, T., Egger, K. N., & Peterson, R. L. 2001. Ectendomycorrhizal associations- characteristics and functions. *Mycorrhiza* 11: 167-177.