

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA



Evaluación de la diversidad de los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en la rizósfera de *Distichlis Spicata* (L.) Greene del Valle del Sobaco, en el Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.

Por:

**SELENE CAMPOS RODRÍGUEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROECOLOGÍA**

Torreón, Coahuila, México  
Junio 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

Evaluación de la diversidad de los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en la rizósfera de *Distichlis Spicata* (L.) Greene del Valle del Sobaco, en el Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.

Por:

**SELENE CAMPOS RODRÍGUEZ**

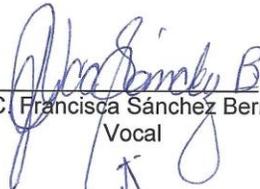
TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Aprobada por:

  
M.C. Genoyeva Hernández Zamudio  
Presidente

  
M.C. Francisca Sánchez Bernal  
Vocal

  
M.E. Víctor Martínez Cueto  
Vocal

  
Ing. Juan Manuel Nava Santos  
Vocal Suplente

  
M.E. Víctor Martínez Cueto  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México  
Junio 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

Evaluación de la diversidad de los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en la rizósfera de *Distichlis Spicata* (L.) Greene del Valle del Sobaco, en el Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.

Por:

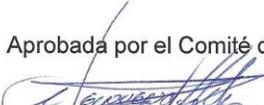
**SELENE CAMPOS RODRÍGUEZ**

TESIS

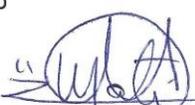
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROECOLOGÍA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
M.C. Genoveva Hernández Zamudio  
Asesor Principal

  
M.C. Francisca Sánchez Bernal  
Coasesor

  
M.E. Víctor Martínez Cueto

  
M.E. Víctor Martínez Cueto  
Coasesor  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México  
Junio 2018

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por darme las fuerzas necesarias para salir adelante día tras día, por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A **mis padres**, nunca me cansaré de agradecerles la oportunidad que me dieron, por todo su apoyo que me brindaron, por todo el esfuerzo que hacían cada día para que yo pudiera alcanzar mis metas.

A **mis hermanos**, por su apoyo incondicional, por sus consejos y cariño que siempre me brindaban, y sobre todo por su apoyo económico, muchas gracias.

A **mi Alma Mater**, por darme la oportunidad de estudiar, y brindarme todo lo necesario para mi formación como profesionista.

A **mis asesores**, en particular a la **M.C. Genoveva Hernández Zamudio**, **M.C. Francisca Sánchez Bernal**, **M.E. Víctor Martínez Cueto** y por último al **ING. Juan Manuel Nava Santos** por su apoyo, paciencia, amistad, consejos y dedicación para que yo pudiera llevar a cabo este trabajo de tesis.

## DEDICATORIAS

A mis padres, **Rodolfo Campos Casarrubias** y **Reyna Rodríguez García**, porque siempre me dieron consejos, apoyo, cariño y amor. Por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre. Porque a ellos les debo todo lo que soy.

A mis hermanos, **Irina Campos Rodríguez**, **Carlos Campos Rodríguez**, **Florencia Campos Rodríguez**, **Arvey Campos Rodríguez**, **Rosalba Campos Rodríguez**, **Pablo Campos Rodríguez** y **Miriam Campos Rodríguez**, por todas las palabras bonitas, consejos y regaños que me brindaron cuyo yo más lo necesitaba, por el amor que siempre me brindaron, porque siempre buscaban la manera de que yo estuviera bien y que no me faltara nada a pesar de todo, Muchas gracias.

A mi novio, **Cándido Leonel Villatoro López**, porque siempre estuvo conmigo en cada momento, por su apoyo incondicional, por sus consejos, regaños y sobre todo, por todo el amor que siempre me ha brindado.

A mis sobrinos, **Emmanuel Campos Hernández**, **Diego Campos Hernández** y todos los demás, por los momentos de rizas y travesuras que pasamos juntos.

A mi Cuñado, **Samuel Sánchez Castro** por su apoyo brindado.

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue la evaluación de la diversidad de los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en diferentes gradientes de salinidad en la rizósfera de *Distichlis spicata* L. Dicha investigación se llevó a cabo en la Poza Salada del Valle del Sobaco, municipio de San Pedro de las Colonias, en el mes de mayo del 2017 donde se estudiaron tres distancias (1, 3, 6 m), la identificación de las especies se realizó de acuerdo a las características de morfo-especies donde se encontró una diversidad de cuatro familias, de las cuales Glomeraceae fue la que presentó un mayor número de especies. Por otra parte, la especie *Claroideoglossum etunicatum* fue la única especie que fue encontrada en las tres distancias. La especie que obtuvo mayor abundancia relativa a 1 y a 3 metros fue *Funneliformis geosporum* con un 87% y 98% respectivamente, mientras que a 6 metros fue *Septoglossum constrictum* con un 55%.

Los parámetros ecológicos de la diversidad de la comunidad de HMA presentes en la rizósfera fueron una presencia general de 595 esporas y un índice de Shannon Wiener de 0.291, el índice de Simpson de 2.264.

**Palabras clave:** Hongos micorrícicos Arbusculares, *Distichlis spicata*, Glomeraceae, Índice de Simpson.

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN .....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general .....	4
1.1.1 Objetivos específicos .....	4
1.2 Hipótesis .....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Salinidad en los suelos.....	5
2.1.1. Factores que contribuyen a la formación de suelos salinos.....	5
2.1.2. Características físicas de los suelos salinos.....	6
2.1.3. Clasificación de los suelos con problema de sales.....	6
2.1.4. Estrés salino de la planta.....	7
2.1.5 Impacto económico de los suelos en la agricultura.....	8
2.2. <i>Distichlis spicata</i> .....	8
2.2.1. Descripción.....	8
2.2.2. Taxonomía .....	9
2.2.3. Hábitat.....	13
2.3. Hongos micorrícicos arbusculares .....	15
2.3.1. Taxonomía .....	15
2.3.2. Propiedades que le brindan a las plantas los hongos micorrícicos arbusculares .....	16
2.3.3. Diversidad y riqueza.....	16
2.3.4. Los hongos micorrícicos arbusculares en suelos salinos.....	17
2.4. La Poza Salada del Valle del Sobaco.....	19
2.4.1. Descripción del área.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	20
3.1. Sitio de muestreo.....	20

3.2. Toma de muestras en campo .....	21
3.3. Análisis fisicoquímico del suelo .....	22
3.4. Porcentaje de micorrización en raíces .....	22
3.5. El análisis ecológico.....	23
3.6. Análisis estadístico .....	25
IV. RESULTADOS.....	26
4.1. Propiedades físicas del suelo.....	26
4.2. Hongos micorrícicos encontrados.....	27
4.3. Variable de abundancia, riqueza y frecuencia.....	28
4.4 Porcentaje de micorrización en hifas, arbusculos y vesículas a tres distancias. ....	29
V. DISCUSION.....	32
VI. CONCLUSIONES.....	35
VII. BIBLIOGRAFIA.....	36

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Descripción de características fisicoquímicas del suelo rizosférico de <i>Distichlis spicata</i> L.....	27
<b>Cuadro 2.</b> Especies de hongos micorrícicos arbusculares identificados en el suelo rizosférico de <i>Distichlis spicata</i> L. ....	27
<b>Cuadro 3.</b> Variable de abundancia relativa y frecuencia de las morfo especies de HMA presentes en <i>Distichlis spicata</i> L.....	28
<b>Cuadro 5.</b> Parámetros ecológicos de las comunidades de HMA presentes en la rizósfera de <i>Distichlis spicata</i> L. ....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Área de muestreo de la poza salada que se encuentra ubicada en el Valle del Sobaco, en el municipio de San Pedro de las Colonias, en el Estado de Coahuila México. Muestra la localización geográfica de los valles del Sobaco y Cuatro Ciénegas (Tomado de Czaja, et. Al., 2014). .....	20
<b>Figura 2.</b> Sitio de muestreo Poza Salada del Valle del Sobaco, en el Municipio de San Pedro de las Colonias, Estado de Coahuila México. ....	21
<b>Figura 3.</b> Esporas encontradas en la rizósfera en la poza salada, está ubicada en el estado de Coahuila, en el municipio de san pedro de las colonias, en el valle del sobaco. <b>A Ambispora fennica, B Claroideoglopus etunicatum, C Septoglopus constrictum, D Scutellospora gilmorei.</b> .....	31

## I. INTRODUCCIÓN

Los suelos salinos representan un problema grave en la agricultura y está en constante aumento en todo el mundo, especialmente en zonas áridas y semiáridas. A escala global mil millones de hectáreas están salinizadas, de estas 126 millones de hectáreas son utilizados en la agricultura. El proceso de salinización en los suelos agrícolas es debido a la utilización de aguas subterráneas para el riego , además de los factores abióticos como la precipitación y el desgaste de las rocas (Rengasamy, 2006).

Existen plantas que se desarrollan y habitan de manera natural en condiciones extremas de salinidad, y son llamadas halófitas (Schimper y Fisher, 1903). *Distichlis spicata* (L.) Greene es una planta halófito (Duncan, 1974) conocida por el nombre común “zacate salado”, esta pertenece a la Familia Poaceae (Britton y Millspaugh, 1920) es perenne (Fassett, 1925), que crece en suelos afectados por la salinidad y la sequía (Hatch *et al.*, 1999, Stutzenbaker, 1999); Es utilizada como alimento de ganado ovino (Pelliza *et al.*, 2005) y bovino por las altas cantidades de proteínas que produce (Brizuela *et al.*, 1990).

Esta planta cuenta con adaptaciones fisiológicas para hacer frente a la salinidad tales como la excreción de sal por medio de glándulas en las hojas (Hansen *et al.*, 1976, Flowers *et al.*, 1977) con esto la respiración de la planta aumenta para satisfacer la demanda energética ante la secreción de sales (Warren y Brockelman, 1989); Las excreciones salinas se realizan por medio de los estomas (Kemp y Cunningham, 1981); además de los mecanismos fisiológicos

existe la influencia simbiótica de los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) estos ayudan a la planta en la tolerancia a la salinidad (Allen, 1991).

Los HMA son los tipos más comunes de micorrizas (Glomeromycota), estos hongos establecen simbiosis obligada con las raíces de las plantas, formando estructuras como arbusculos y vesículas. (Smith, 1997, Redecker *et al.*, 2000, Read y Smith, 2008). La simbiosis entre los HMA y la planta forman una interacción de intercambio de nutrientes (Read y Smith, 2008), los HMA captan el carbono orgánico de la planta para su crecimiento, dispersión y sobrevivir en periodos de estrés (Allen, 1991, Zhang *et al.*, 2015), por otro lado la micorriza facilita a la planta la absorción de P, N, Mg y Ca del suelo los cuales son transportados por la membrana fúngica al tejido de la planta (Evelin *et al.*, 2009, Bonfante y Genre, 2010, Fellbaum *et al.*, 2012).

Al desarrollarse en las raíces de la planta pueden de manera indirecta o directamente influir en el crecimiento de la misma (Abbott y Robson, 1991), contribuir en la disminución en condiciones de estrés abiótico (Enkhtuya *et al.*, 2000, Zhang *et al.*, 2015, Ruiz-Lozano *et al.*, 2001, Moreira *et al.*, 2015, Yang *et al.*, 2016) y bióticos optimizando la protección de las plantas (Sheng *et al.*, 2008, Vicente-Sánchez *et al.*, 2014) con esto ayudan al cambio de la biología y química del medio físico de los suelos (Abbott y Robson, 1991, Entry *et al.*, 2002). La simbiosis entre HMA-planta es determinante para reducir los efectos perjudiciales de la salinidad (Wilde *et al.*, 2009) para esto lleva acabo distintos mecanismos para aliviar el estrés: Regula las concentraciones de clorofila para una fotosíntesis más eficiente (Giri *et al.*, 2003), mejora la estabilidad en la permeabilidad de la

membrana de la planta (Feng *et al.*, 2002, Garg y Manchya, 2008, Kaya *et al.*, 2009) (Barin *et al.*, 2013) brindándole tolerancia a la salinidad (Gupta y Krishnamurthy, 1996, Ruiz-Lozano *et al.*, 1996, Al-Karaki *et al.*, 2001, Yano-Melo *et al.*, 2003, Rabie, 2004, Al-Karaki, 2006, Jahromi *et al.*, 2008, Giri *et al.*, 2007, Evelin *et al.*, 2009, Garg y Pyey, 2015, Hashem *et al.*, 2016, Jiang *et al.*, 2016, Köhl *et al.*, 2016) a través de la conductividad eléctrica (Giri *et al.*, 2003) además aumenta la conductividad hidráulica en la raíz de la planta favoreciendo al equilibrio osmótico.

En el presente estudio se pretende analizar la diversidad de hongos micorrícicos arbusculares presentes en la rizósfera del pasto halófito *Distichlis spicata*

En este estudio se dará a conocer las especies de hongos micorrícicos arbusculares nativos de la poza salada del Valle del Sobaco en Coahuila, México, con el fin de brindar a futuros estudios la identificación de las especies de hongos micorrícicos para ser utilizados como una alternativa de remediación para los cultivos que cuenten con problemas en los suelos por salinidad.

## 1.1 Objetivo general

Evaluar la diversidad de los hongos micorrícicos arbusculares en diferentes gradientes de salinidad en la rizósfera de *Distichlis spicata* del Valle del Sobaco, Coahuila, México.

### 1.1.1 Objetivos específicos

1. Evaluar los parámetros ecológicos de la diversidad de los hongos micorrícicos arbusculares en la rizósfera de *Distichlis spicata* del Valle del Sobaco, Coahuila, México
2. Identificar las especies existentes de los hongos micorrícicos arbusculares en la rizósfera de *Distichlis spicata* del Valle del Sobaco, Coahuila, México
3. Encontrar la frecuencia y abundancia relativa de los hongos micorrícicos arbusculares en la rizósfera de *Distichlis spicata* del Valle del Sobaco, Coahuila, México
4. Obtener el porcentaje de micorrización en las raíces de *Distichlis spicata* de los hongos micorrícicos arbusculares.

## 1.2 Hipótesis

Existe un alto porcentaje de micorrización y diversidad en la rizósfera de *Distichlis spicata* del Valle del Sobaco, Coahuila, México.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Salinidad en los suelos

#### 2.1.1. Factores que contribuyen a la formación de suelos salinos

##### 2.1.1.1 Clima, topografía, drenaje y naturales

Fassbender y Bornemisza (1987), comentan que existen distintos tipos de suelos salinos en el mundo, los suelos que permiten el crecimiento de las plantas son aquellos que, tienen suficiente Ni soluble y no son alcalinos, estos suelos cuentan con un pH no superior a 8.5 mientras los suelos que cuentan con acumulación de sal saturada tienen una mayor presión osmótica, estos suelos son muy comunes en regiones semiáridas, áridas. Otro tipo de salinización del suelo es por la producción capilar de aguas freáticas con abundante Ni soluble por la acumulación de sales debido a las aguas de riego y los depósitos de evaporización, cuyo lavado del suelo es deficiente debido al mal drenaje o por falta de agua. Además, la meteorización de minerales contiene depósitos de sales desde hace largos periodos. En regiones próximas a las costas marinas, los suelos se salinizan debido a la intrusión del agua de mar, esta se evapora creando depósitos de sales, por último, las lluvias en mínimas cantidades contribuyen a salinizar los suelos principalmente en áreas cercanas a los mares.

### **2.1.2. Características físicas de los suelos salinos**

En el libro de Fassbender y Bornemisza (1987), dicen que los suelos salinos poseen altos niveles de sales solubles, en tierra firme cuentan con bajos contenidos de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), también los aniones más comunes en suelos salinos son el cloruro, sulfato y cantidades inferiores de carbonato ácido, además también está presente el carbonato con altos niveles de pH. La conductividad de los suelos salinos se mide por el extracto acuoso saturado, este se expresa en milisiemens (mS/cm).

### **2.1.3. Clasificación de los suelos con problema de sales**

Abrol *et al.* (1988), dice que los suelos afectados por sales se diferencian por sus características químicas, geoquímica distribución geológica, sus propiedades físicas y biológicas, y los clasificaron en:

#### **2.1.3.1. Suelos salinos**

Los suelos salinos son suelos con altos niveles de sales soluble se componen de sulfato de sodio, cloruros, magnesio y calcio (compuesto por yeso). Tiene un pH no mayor a 8.2 y cuenta con una conductividad eléctrica de más de 4 mS/m por 25 cm. Principalmente se compone de Ni esto se ve reflejado en los efectos perjudiciales que le producen a la planta en el crecimiento a través de la presión osmótica en consecuencia dispone la planta de menor cantidad de agua por la toxicidad de iones como Ni y Cl. Estos suelos se encuentran principalmente en regiones áridas y semiáridas del mundo.

### **2.1.3.2. Suelos sódicos**

Los suelos sódicos se componen principalmente de carbonato de sodio las cuales son capaces de hidrólisis alcalina, el pH es superior a 8.2 y el 15% o más es sodio este porcentaje está por encima del límite promedio en los suelos por lo cual se clasifica como suelo sódico; Su conductividad eléctrica es menor a 4 mS/m por 25 cm. Pero este puede diferir de la cantidad de carbonato de sodio presente en el suelo. El sodio es el catión soluble dominante también estos suelos presentan cantidades significativas de Ca y Mg. En las plantas estos elementos producen desequilibrios nutricionales esto se debe a la deficiencia de calcio a través de la toxicidad de iones como sodio, molibdeno y trióxido de carbono.

### **2.1.4. Estrés salino de la planta**

En el estudio que realizaron Fassbender y Bornemisza (1987), los suelos salinos confieren a la planta efectos perjudiciales en su desarrollo y crecimiento vegetativo sobre todo en plantas jóvenes, los suelos contienen suficiente sodio intercambiable y sales solubles para afectar a la planta.

Zhu (2001), trabajó con suelos salinos diciendo que las altas concentraciones de sales en los suelos alteran a las plantas en la homeostasis en el agua y distribución de iones, esto se produce a nivel celular y en toda la planta, causando daños moleculares en la detención del crecimiento e incluso la muerte. Las plantas halófitas cuentan con dos aspectos de tolerancia a la sal: rompiendo la homeostasis hacia abajo en iónico y osmótico (esta acción causa efectos

secundarios, como la oxidación prematura) y la desintoxicación por medio de la proteína RD29A para mitigar los daños. Este mecanismo de las plantas es una característica adaptativa para la supervivencia bajo el estrés salino.

### **2.1.5 Impacto económico de los suelos en la agricultura**

Parida y Das (2005), dice que la salinidad en el suelo es causada por las cantidades excesivas de sales, esto tiene efecto en la reducción de potencial de agua, en el desequilibrio o alteraciones en la homeostasis de iones y toxicidad. Este efecto causa reducción y limitación de la productividad de las plantas, creando un retraso en el crecimiento de ellas. Las sales en los suelos son consideradas un fitotóxico para las plantas en el transporte e interacciones de los nutrientes para su desarrollo, dando como resultado respecto a la salinidad es una grave amenaza para la agricultura y al medio ambiente en muchas partes del mundo.

## **2.2. *Distichlis spicata***

### **2.2.1. Descripción**

*Distichlis spicata* fue descrito por L. (Greene) publicado en (Sciences, 1884) describiéndola como una especie de hierba perenne que forma extensas colonias, su tamaño es de hasta 60 cm de alto, aunque generalmente es pequeña, su tallo es rígido, erecto, con numerosos entrenudos cortos, las hojas son alternadas,

dispuestas en dos hileras sobre el tallo, con venas paralelas, divididas en dos porciones, la inferior llamada vaina que envuelve el tallo, mucho más larga que el entrenudo, con pelos hacia el ápice y la parte superior de la hoja llamada lámina que es rígida, larga, angosta plana o enrollada, a veces con pelillos o áspera al tacto; entre la vaina y la lámina, por la cara interna, se presenta una prolongación diminuta en forma de collar, membranosa, con pelillos en el margen, llamada lígula. La inflorescencia de *Distichlis spicata* es una panícula densa y angosta, de hasta 8 cm de largo, ubicada en la punta del tallo, compuesta de hasta veinte espiguillas; las espiguillas son largas y lateralmente comprimidas, las flores son muy pequeñas y se encuentran cubiertas por una serie de brácteas, sin aristas. Forma una sola semilla fusionada a la pared del fruto. La raíz cuenta con tallos subterráneos (rizomas) que llegan a medir varios metros de largo.

## **2.2.2. Taxonomía**

### **2.2.2.1 Reino: Plantae**

Constituyen un grupo monofilético eucariota multicelulares conformado por plantas terrestres, ellas obtienen la energía de la luz del Sol que captan a través de clorofila presente en sus cloroplastos, con ella realizan fotosíntesis en la que producen en sustancias inorgánicas en materia orgánica. Ellas poseen alternancia de generaciones donde el ovulo y el anterozoide se desarrollan asexualmente hasta ser multicelulares (Haeckel, 1866).

#### **2.2.2.2. Subreino: Tracheobionta**

Kenrick y Crane (1997), describe al subreino Tracheobionta que son plantas vasculares formadas por células y poseen un ciclo de vida de generaciones gametofítica y esporofítica esta es fotosintética, cuenta con tejidos y sistemas de órganos organizados en un cormo.

#### **2.2.2.3. División: Angiospermae (Candolle y Candolle, 1824) antes Magnoliophyta**

La publicación de la descripción de la división Magnoliophyta fue por (Schmid, 1988) estas son distinguidas por poseer semillas y flores con verticilios o espirales ordenados de sépalos, pétalos, carpelos y estambres

#### **2.2.2.4. Clase: Liliopsida**

La descripción de la clase Liliopsida fue publicada en (Batsch, 1802) y clasificado en (The Angiosperm Phylogeny, 2009) estas plantas poseen un solo cotiledón, su tallos cuenta con estela que se observa a realizar un corte transversal en los haces del xilema y floema dispuestos en una atactostela; son monocotiledóneas de habito herbáceo; sus hojas cuentan con nerviación paralela y sus flores cuentan generalmente con tres sépalos, dos pétalos, dos verticilos de tres estambres cada uno y dos carpelos.

#### **2.2.2.5. Orden: Poales**

El orden Poales fue publicado en (The Angiosperm Phylogeny, 2009) donde las clasifica como hierbas, la mayoría se poliniza por anemófila, con pérdida de los nectarios septales, además poseen cuerpos de sílice en la epidermis, por haber perdido los cristales de rafidio, también cuentan con flores con perianto claramente dividido en cáliz y corola sus estilos están bien desarrollados y fuertemente ramificados.

#### **2.2.2.6. Familia: Poaceae**

Hitchcock (1935), describe a la familia Poaceae estas son una familia de plantas herbáceas, también se puede presentar raramente leñosa, son gran mayoría son cosmopolitas han abarcado desde las zonas desérticas hasta los ecosistemas de agua salada, además desde las zonas deprimidas y anegadizas hasta las áreas montañosas. Cuentan con tallos cilíndricos y elípticos es su sección transversal, articulados, respecto a sus hojas, poseen disposición alterna, dísticas, compuestas típicamente de vaina, lígula y limbo, esta rodea apretadamente al tallo. En cuanto a la inflorescencia es una pequeña espiga formada por una o más flores sentadas o sésiles sobre un raquis articulado, llamado raquilla y protegido por brácteas estériles denominadas glumas. El fruto o granos un cariopse con una semilla cuya testa esta soldada con el pericarpio formando una envoltura muy delgada.

### **2.2.2.7. Subfamilia: Chloridoideae**

En la publicación de Botany y Garden (1978), describen que son plantas herbáceas que en sus hojas tiene pelos globosos y lígula piliosa, ellas presentan espiguillas comprimidas lateralmente y reunidas en racimos, con una o varias flores, cada una de las flores están con dos lodículas carnosas, tres estambres y dos estigmas.

### **2.2.2.8. Tribu: Eragrostideae**

Phillips (1982) y Botany y Garden (1930), mencionan que son herbáceas con inflorescencia paniculada o compuesta por ramos o espigas; con raquis duro, sus espigas generalmente con muchas flores, lateralmente comprimidas; las glumas cuentan con un solo nervio corto y sus lemas con tres nervios membranosos.

### **2.2.2.9. Género: *Distichlis***

El género fue descrito por Constantine Samuel Rafines, en donde describe que son plantas perennes, rizomatosas y dioicas con hojas caulinares; la lígula es una membrana ciliada; láminas lineares, aplanadas a convolutas. Su inflorescencia es una panícula o racimo terminal que esta contraída con dos espiguillas generalmente, tiene las glumas cortas, los lemas no son aristadas, carinadas y coriáceas; las páleas son alargadas como los lemas. El fruto es una *Cariopsis sulcada*.

#### **2.2.2.10. Especie: *Distichlis spicata* (Sciences, 1884)**

#### **2.2.3. Hábitat**

Skaradek y Miller (2010), describen el hábitat de *Distichlis spicata* ella se encuentra en zonas salinas como los pantanos, a lo largo del Atlántico y océano Pacífico, en el Golfo de México y a lo largo de las costas de América del Sur. Además, se puede encontrar en zonas con el nivel del agua entre dos pulgadas por encima de la superficie del suelo y seis pulgadas por debajo de la superficie del suelo. También está presente en zonas de sequía o de plantación.

##### **2.2.3.1. *Distichlis spicata* en suelos salinos**

Smart y Barko (1980), dice sobre las plantas halófitas tal como *Distichlis spicata* cuyo vive en condiciones extremas por salinidad, estas zonas reducen el crecimiento de la planta por el exceso de iones acumulados en la planta con esto *Distichlis spicata* ha desarrollado estrategias fisiológicas para hacer frente al exceso de salinidad. *Distichlis spicata* fue sometida a salinidad en sedimentos marinos, donde la planta disminuyo los efectos de las sales por medio de sus raíces, pero no la salinidad en el agua del mar. Las raíces de *Distichlis spicata* son importantes en la regulación del contenido de sal en la planta esto mantiene bajas concentraciones de sodio en los tejidos aéreos y subterráneos.

Kemp y Cunningham (1981), trabajaron con la luz, temperatura y salinidad y sus diferentes efectos en el crecimiento de *Distichlis spicata*. Donde la planta no se vio afectada por la salinidad en la morfología de sus células fotosintéticas; ellos sugieren que la fisiología y la bioquímica de la planta son aspectos importantes a

la tolerancia a la salinidad, gracias a los estomas es capaz de mantener las sales por debajo del potencial de agua lo que indica que la hoja cuenta con un potencial osmótico muy bajo con una alta tasa de excreción de sales. Bach allen y Cunningham (1983), desarrollaron un estudio sobre el efecto de los hongos micorrícicos arbusculares en *Distichlis spicata* bajo tres niveles de salinidad donde los resultados mostraron infección micorrícica baja; a pesar de la baja población de micorrizas, ellas contribuyen en la captación de nutrientes para la planta y a la reducción de salinidad del suelo brindando a los tallos de la planta bajas cantidades de concentración de sales. Sin embargo, mencionan que es necesario la realización de la experimentación en campo ya los métodos utilizados en este estudio fueron realizados en el invernadero.

Warren y Brockelman (1989), realizaron un estudio sobre la fotosíntesis y respiración de *Distichlis spicata* en relación con suelos salinos en donde se disminuyó la fotosíntesis y la estimulación de la respiración esto en consecuencia reduce la productividad y el crecimiento de la planta. Respecto al crecimiento de los tallos minorados a medida que la salinidad del suelo aumentaba. En conclusión, la productividad de la planta se inhibe a altas concentraciones de sales en el suelo.

Wu *et al.* (1997), trabajaron con los efectos del selenio y la salinidad en la zona radicular de *Distichlis spicata* en dos ecos tipos: uno proveniente de zona costera y el segundo a 150m<sup>2</sup> de la costa. Descubrieron el mecanismo de secreción fue más eficiente con sodio (Na) y cloro (Cl) que con sulfatos (SO<sub>4</sub>) y

selenio (Se), lo que sugieren que el mecanismo de defensa contra la salinidad en los suelos fue la primera adaptación que desarrollo la planta.

Pessaraki *et al.* (2012), realizaron un estudio del efecto en captación de nitrógeno bajo la técnica N15 en doce clones de plántulas de *Distichlis spicata* bajo estrés de salinidad, se comparó la materia seca, el peso y el total de nitrógeno que se le agregaron a la planta, estos mostraron afectación en las raíces de la planta, en cambio los clones tratados con N15 fueron menos afectados que las plantas control. En general no se encontraron efectos adversos en el crecimiento, en la materia seca, en la productividad y el nitrógeno total de la planta, aunque se presentaron diferencias encontradas entre los distintos clones sometidos al estrés salino tanto como en el control.

## **2.3. Hongos micorrícicos arbusculares**

### **2.3.1. Taxonomía**

Harley y Smith (1983), mencionan que la clasificación de las micorrizas se dividen en; Glomeromycota, Basidiomycetes y Ascomycetes. En el filo Glomeromycota está separado de los hongos verdaderos donde se encuentran los hongos micorrícicos arbusculares, estos hongos son caracterizados por la formación de arbusculos y/o vesículas en simbiosis en la rizósfera de las raíces de las plantas.

Schübler *et al.*( 2001), describen el phylum Glomecorycota la cual conforman las micorrizas arbusculares que se encuentran en las raíces o talos de las plantas terrestres, estos son simbioses mutualistas para la captación de carbono y energía, son ampliamente distribuidos en todos los suelos del mundo ya que son simbioses obligados y aproximadamente el 80% de las plantas terrestres son micorrizadas.

### **2.3.2. Propiedades que le brindan a las plantas los hongos micorrícicos arbusculares**

Allen (1992), dice que los efectos en las raíces de las plantas con hongos micorrícicos arbusculares contribuyen en los nutrientes para el crecimiento de las plantas, esto involucra una interacción a nivel molecular entre las micorrizas y la planta.

### **2.3.3. Diversidad y riqueza**

Hong *et al.* (2012), trabajaron con diversidad morfológica y funcional de los hongos micorrícicos arbusculares en *Brachypodium distachyon* donde concluyeron que la diversidad funcional de especies de micorrizas arbusculares no está relacionada con los genes de otra HMA-simbiosis, en cambio la simbiosis entre *Brachypodium distachyon* y las micorrizas arbusculares difieren funcionalmente a la planta.

Dyan *et al.* (2007), trabajaron con la biodiversidad de HMA en dos sitios con diferente vegetación en el Valle caliente-seco del río Jansha, China donde se alberga gran biodiversidad de HMA con una distribución irregular con

perturbaciones naturales en la cual el género común y frecuente fue *Glomus* y *Gigaspora* de la zona.

Moreira *et al.* (2007), determinaron la biodiversidad de hongos micorrícicos arbusculares en *Araucaria angustifolia* de dos sitios: uno natural y otro reforestado en la misma área donde se muestran mayor colonización de micorrizas en el mes de mayo y una alta colonización en los bosques plantados mientras que la diversidad original de la zona nativa no ha recuperado.

Rosendahl (2008), elaboró una revisión sobre las comunidades poblaciones e individuos de los hongos micorrícicos, la cual la característica más resaltante en el filo Glomecorycota es posible que sea el más antiguo linaje de los hongos asexuales donde propagan su propio linaje genético, también podría ser el caso en la jerarquía genealógica cuyo las especies han evolucionado morfológicamente, estas pueden ser reconocidas como microespecies.

Estrada *et al.* (2013), trabajaron sobre la diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en la rizósfera de *Asteriscus maritimus* en ecosistemas mediterráneos de España donde demuestran una alta diversidad taxonómica a pesar de las altas concentraciones de salinidad. El orden Glomerales fueron los predominantes en la diversidad en el cual el género *Pacispora* fue el más común y ampliamente representado sobre las dunas del Mediterráneo.

#### **2.3.4. Los hongos micorrícicos arbusculares en suelos salinos**

Giri *et al.* (2007), trabajo con *Glomus fasciculatum* en simbiosis con *Acacia nilotica* para comprobar la mejora a la tolerancia de la planta ante estrés salino por

medio de las raíces y los tejidos en el cual verificó el mejoramiento ante la salinidad por la colonización de las micorrizas tanto como la adquisición de nutrientes. Por otro lado, las altas proporciones de potasio (K) y sodio (Na) en las plantas micorrizadas pueden ser benéficas ya que influyen en el equilibrio iónico del citoplasma.

Sánchez *et al.* (2014), trabajaron con la simbiosis de hongos micorrícicos arbusculares en los efectos salinos en plantas de lechuga donde demuestra que se obtuvo un alto grado de colonización micorrícica a pesar del alto grado de concentración de salinidad, aliviando los efectos negativos bajo el estrés salino en las plantas de lechuga. Como resultado del mejoramiento de la lechuga alcanzó un comerciable tamaño muy satisfactorio además los niveles de micro y macronutrientes se incrementaron.

Becerra *et al.* (2014), elaboraron un estudio sobre hongos micorrícicos arbusculares en suelos salinos donde contribuyen a brindar conocimiento sobre la distribución vertical de los hongos micorrícicos arbusculares en suelos salinos de Argentina donde muestran gran diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en los ecosistemas salinos, donde las especies evaluadas pertenecen a los diferentes géneros y familias de Glomecorycota las cuales están adaptadas para estas condiciones ambientales y contribuir al desarrollo de estrategias para la adaptación de tolerancia a las plantas.

Garg y Pyey (2015), emplearon un estudio sobre la interacción de los hongos micorrícicos arbusculares en la captación de nutrientes en *Cajanus cajan*

bajo estrés salino donde mejoraron el rendimiento de la planta, incrementando la biomasa vegetal, la absorción de nutrientes y equilibrando el estado iónico.

Bencherif *et al.* (2015), trabajaron con la planta *Tamarix articulata* en simbiosis con hongos micorrícicos arbusculares ante estrés salino donde se revelo interesante diversidad de hongos micorrícicos arbusculares y su colonización en las raíces de la planta, además mostraron que las sales del suelo cuentan con ligeros efectos perjudiciales sobre la biomasa de la planta.

## **2.4. La Poza Salada del Valle del Sobaco**

### **2.4.1. Descripción del área**

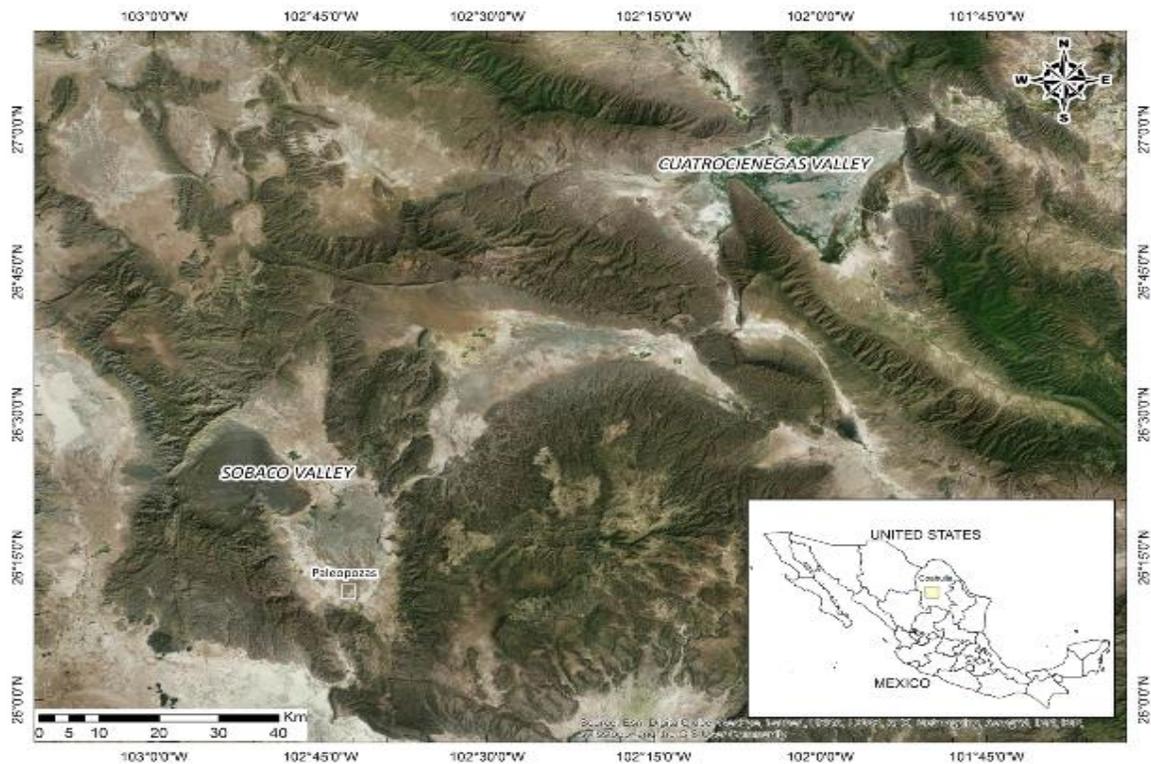
La poza salada se encuentra ubicada en el estado de Coahuila, en el municipio de San Pedro de las Colonias, en el Valle del Sobaco, en las coordenadas 26° 10' 55.07'' N y 102° 42' 24.11''O dentro de la ecorregión conocida como Desierto Chihuahuense, de clima árido, donde la temperatura en verano alcanza los 44°C y la precipitación es menor a los 250 mm anuales. Una vegetación dominada por matorral micrófilo y crasicáule La poza tiene un área de aprox. 700m<sup>2</sup> con un pastizal halófilo alrededor.

Geológicamente El Valle del Sobaco es muy parecido al Valle de Cuatro Ciénegas, con suelos compuestos de sedimentos lacustres con alto contenido de carbono y yeso, estos valles están separados por alrededor de 70 km.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Sitio de muestreo

La poza salada está ubicada en el estado de Coahuila, en el municipio de San Pedro de las Colonias, en el Valle del Sobaco, en las coordenadas  $26^{\circ} 10' 55.07''$  N y  $102^{\circ} 42' 24.11''$  O (figuras 1 y 2).



**Figura 1.** Área de muestreo de la poza salada que se encuentra ubicada en el Valle del Sobaco, en el municipio de San Pedro de las Colonias, en el Estado de Coahuila México. Muestra la localización geográfica de los valles del Sobaco y Cuatro Ciénegas (Tomado de Czaja, et. Al., 2014).



**Figura 2.** Sitio de muestreo Poza Salada del Valle del Sobaco, en el Municipio de San Pedro de las Colonias, Estado de Coahuila México.

### **3.2. Toma de muestras en campo**

Las muestras de suelo rizosférico y de las raíces de *Distichlis spicata* de 15 individuos de tamaño promedio se seleccionaron al azar en tres distancias (1, 3 y 6 m). Se recogieron aproximadamente 500 g de suelo de cada planta, a una profundidad de 2-15 cm. El suelo se pasó por un tamiz 2 mm y se secó a temperatura ambiental durante 72 h. Posteriormente fue almacenada en bolsas de polietileno en refrigeración a 4 °C. Para evaluar la riqueza y la densidad de esporas de HMA. Se obtuvo una muestra de aproximadamente 1000 gramos de suelo a las que se le dio el mismo tratamiento, destinada para la caracterización físico-química. Las raíces se colectaron teniendo cuidado de que fueran de la planta objetivo. Las muestras de suelo y raíces se colectaron el 12 de febrero del 2016.

### **3.3. Análisis fisicoquímico del suelo**

La segunda porción de suelo se secó al aire y se cribó (2 mm de malla) el análisis de la textura del suelo se realizó mediante el tamaño de partícula por medio del método del hidrómetro (Bouyoucos, 1962). La conductividad eléctrica y el pH fueron medidas 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 oxidación húmeda de Walkley y Black, mientras que el porcentaje total de N se midió por el método de micro-Kjedahl. La materia orgánica se estimó como el contenido de carbono multiplicado por el factor 1,72. El P disponible se ensayó por el método de Bray y Kurtz.

### **3.4. Porcentaje de micorrización en raíces**

Las raíces frescas se lavaron con agua corriente para eliminar cualquier residuo de suelo. La evaluación del porcentaje de colonización de micorrizas fue determinado después del aclaramiento y la tinción con azul de tripano por el análisis visual (Phillips y Hayman, 1970) de los segmentos de raíz montados en portaobjetos se usó un microscopio compuesto (40 x) (Giovannetti y Mosse, 1980, Brundrett *et al.*, 1996). Las esporas de los HMA fueron extraídas en 100 g de suelo seco de la rizósfera de cada planta a muestreada. Se utilizó el método de tamizado en húmedo y decantación (Gerdemann y 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 (40 x). Donde se separaron con base en sus

características morfo-anatómicas. Para identificación, cada tipo de esporas se montará en polivinílico-ácido láctico-glicerina (PVLG) (Koske y Tessier, 1983) y PVLG 1: 1 (v / v) mezcla de reactivo de Melzer (Brundrett *et al.*, 1999). La identificación de las especies de los HMA se realizó basándose en las características morfológicas de las esporas utilizando la literatura como describe Schenck y Perez (1988), además se seguirán las claves disponibles en los sitios web de la Colección Internacional de Cultura (vesicular): Los HMA (<http://invam.caf.wve.edu/>), Janusz Blaszkowski de la Universidad de Agronomía de Szczecin (<http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski/>), la filogenia Glomecorycota (<http://www.lrz-muenchen.de/schuessler/amphylo/>) y de acuerdo a los trabajos de (Schüßler *et al.*, 2001, Schüßler y Walker, 2010). Se utilizó el microscopio óptico (400 x) de contraste Nomarski (Nikon Optiphot II, Nikon, Tokio, Japón).

### 3.5. El análisis ecológico

Los parámetros ecológicos se utilizaron para describir la estructura de las comunidades de los HMA. Después de la identificación morfológica de las especies presentes, se determinó el número de esporas (NE) totales con la sumatoria de las esporas de cada morfoespecie en una muestra de 100 g de suelo, la abundancia relativa (AR) es el número de esporas de cada una de las morfoespecie dividido entre el total de esporas y multiplicado por 100. La frecuencia de aislamiento (Fi) para cada especie por cada una de las fechas de muestreo se calculara de acuerdo con la ecuación  $F_i = J_i / K$ , donde  $J_i$  es

el número de muestras en las que la especie  $y$  se presenta en  $K$  es el número total de muestras de suelo (Brower *et al.*, 1990, Magurran, 1988). Los índices de diversidad, equidad y dominancia que se utilizaron para describir la estructura de las comunidades de los HMA (Magurran, 1988). La abundancia de las esporas reflejara el número total de esporas de las especies de los HMA. La riqueza de especies,  $S$ , es el número total de especies identificadas. La diversidad de especies  $H$ , que abarca tanto la  $S$  y  $E$ , se cuantifico de acuerdo con (Magurran, 1988):  $H = -\sum P_i \ln P_i$ , donde  $P_i$  es la abundancia relativa de cada especie identificada y se calculara por la siguiente fórmula:  $P_i = n_i / N$ , donde  $n_i$  es el número de esporas de una especie y  $N$  es el número total de esporas en todas las muestras. La uniformidad de especies,  $E$ , que medirán la equidad de la presencia de cada especie en todas las muestras, viene dada por:  $E = H / H_{\max}$ , son  $H_{\max}$  es el valor máximo de  $H$ , se estimara por:  $H_{\max} \ln S = S$ , donde  $S$  es el número total de especies identificadas y  $H$  se calculó con la formula  $H = -\sum p_i (\ln p_i)$ . Índice de dominancia,  $D$ , de Simpson se calculó mediante la siguiente fórmula  $D = \sum [n_i(n_i - 1) / N(N - 1)]$ . La abundancia relativa indica la capacidad de esporulación de cada una de las especies de los HMA. La frecuencia de aislamiento refleja la distribución de las especies de los HMA dadas en un ecosistema (Dyan y Zhiwei, 2007). El índice de Sorensen se utilizó para determinar la similitud entre las composiciones de la comunidad de los HMA de las tres fechas de muestreo.

### **3.6. Análisis estadístico**

Los análisis de varianza (ANOVA) se utilizaron para probar las diferencias y, en su caso, se utilizó la prueba protegida diferencias menos significativas de Fisher para la comparación de las medias. Los coeficientes de correlación fueron generados para examinar las relaciones entre los componentes estudiados de la población AM en el suelo. Todos los análisis se realizaron utilizando el software estadístico SPSS.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Propiedades físicas del suelo

Como se observa en el cuadro 1, la textura del suelo que más predominó fue el tipo arenoso.

Respecto a materia orgánica (M.O.) el mayor contenido se presentó a 1 m de distancia del agua, con 2.69 % y el más bajo porcentaje se observó a 3 m con 1.86 de M.O.

La distancia que presentó mayor cantidad de Nitrógeno fue a 3 m con 6.1 ppm, por lo contrario, la distancia con menor cantidad de Nitrógeno fue a 6 m con 4.1 ppm.

Referente al fósforo, la mayor cantidad se encontró a 1 m con 36.6 ppm, y en la distancia a 6 m fue la que presentó menor cantidad de fósforo, pues solo se encontraron 31.8 ppm.

La distancia con más cantidad de carbonato de calcio fue a 6m con un porcentaje de 27 y la que tuvo menor cantidad fue a 1m de distancia con 10.47 %.

Siguiendo con el efecto mayormente elevado de pH, el más alto fue a una distancia de 3m con 7.7 mientras que el valor de impacto más bajo fue a 6 m con 8.38.

Por último, referente a la conductividad eléctrica la más elevada fue determinada a 6m de distancia con 7.34 mS/cm y teniendo el valor más bajo a 3m de distancia con 7.6 mS/cm.

**Cuadro 1.** Descripción de características fisicoquímicas del suelo rizosférico de *Distichlis spicata* L.

PROPIEDADES FISICAS:							
Distancia	Textura	Fertilidad			Salinidad (en extracto de saturación)		
		(M.O) %	(N-NO3) ppm	(P)ppm	(CaCO3) %	pH	C. Eléctrica (mS/cm)
1 m	Arenoso	2.69	5.7	36.6	10.47	7.8	7.12
3 m	Arenoso	1.89	6.1	33.6	13.7	7.7	7.6
6 m	Migoso Arenoso	2.41	4.1	31.8	27	8.38	7.34

#### 4.2. Hongos micorrícicos encontrados

En el presente estudio se lograron identificar 4 familias con 5 especies. La familia que se encontró con mayor número de especies fue la Glomeraceae, encontrándose las especies; *Funneliformis geosporum* y *Septoglomus constrictum*.

Así mismo, la especie *Claroideoglopus etunicatum* fue la única encontrada en las 3 distancias, mientras que el resto de las especies solo fueron encontradas a una distancia, como se observa en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Especies de hongos micorrícicos arbusculares identificados en el suelo rizosférico de *Distichlis spicata* L.

Familia	Especie	1 m	3 m	6 m
Ambiosporaceae	<i>Ambispora fennica</i>		x	
Claroideoglomeraceae	<i>Claroideoglopus etunicatum</i>	x	x	x
Gigasporaceae	<i>Scutellospora gilmorei</i>	x		
Glomeraceae	<i>Funneliformis geosporum</i>			x
	<i>Septoglomus constrictum</i>	x		

### 4.3. Variable de abundancia, riqueza y frecuencia

De las 5 especies identificadas, *Claroideoglopus etunicatum* fue la que presentó mayor número de esporas, y a la vez, un porcentaje de esporas más alto, ya que, en 1 m ocupó el 87%, a 3 m 98%, en 6 m se obtuvo un 44%, mientras que el resto de las especies su porcentaje fue más bajo e incluso algunas no se determinó presencia de esporas (cuadro 3).

Es importante señalar que en los aislamientos de las esporas se encontró un gran número de esporas muertas. Por distancia se contaron 1572 esporas muertas a un metro de distancia, 984 esporas en las muestras a tres metros y 566 en la de seis metros.

**Cuadro 3.** Variable de abundancia relativa y frecuencia de las morfo especies de HMA presentes en *Distichlis spicata* L.

Especies de HMA	1 m			3 m			6 m		
	n E	pi (%)	Fi (%)	n E	pi (%)	Fi (%)	n E	pi (%)	Fi (%)
<i>Ambispora fennica</i>	0 b	0	0	4 b	1,18	20,00	0 b	0	0
<i>Claroideoglopus etunicatum</i>	114 a	87,69	93,33	333 a	98,81	86,66	57 a	44,53	20,00
<i>Scutellospora gilmorei</i>	1 b	0,78	6,66	0 b	0	0	0 b	0	0
<i>Funneliformis geosporum</i>	0 b	0	0	0 b	0	0	71 a	55,46	53,33
<i>Septoglopus constrictum</i>	15 b	11,53	13,33	0 b	0	0	0 b	0	0
<b>Total</b>	130			337			128		

nE número de esporas, pi abundancia relativa, Fi Frecuencia de aislamiento.

#### 4.4 Porcentaje de micorrización en hifas, arbusculos y vesículas a tres distancias.

Como se observa en el cuadro 4 el porcentaje de hifas, arbusculos y vesículas en tres distancias de evaluación, los valores obtenidos a 1m de distancia con mayor porcentaje fueron en forma de vesículas con un 89.89 %, mientras que a esta misma distancia el menor porcentaje lo presento la forma de arbusculos con un 12.00 %.

Para la distancia a 3m, el porcentaje más alto lo presentaron las vesículas con 100% y el más bajo los arbusculos con 5.22%.

Por último, la distancia a 6m se presenta el mismo resultado en presencia de dos formas, hifas y vesículas con un 100%., mientras que lo arbusculos solo presentaron un 1.78%.

**Cuadro 4.** Porcentaje de hifas arbusculos y vesículas

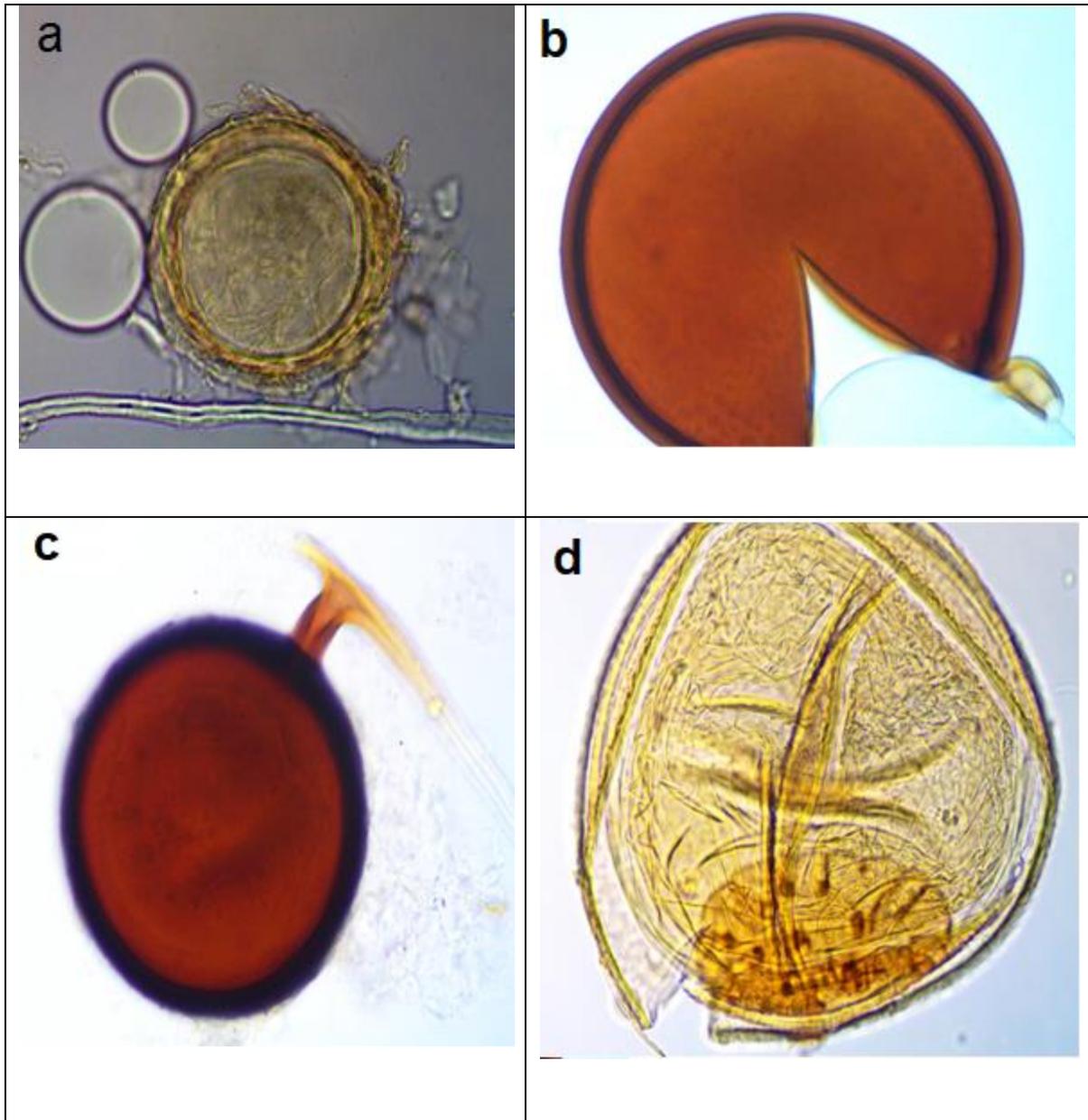
Distancia	Hifas	Arbúsculos	Vesículas	Total
1m	57.89 B	12.00 A	89.89 B	92.33 B
3m	98.33 A	5.22 B	100.00 A	100.00 A
6m	100.00 A	1.78 B	100.00 A	100.00 A

#### 4.4 Parámetros ecológicos

Para la variable de parámetros ecológicos de la diversidad de la comunidad de HMA presentes en la rizósfera, se puede observar que en general se obtuvo un número de esporas de 595. Referente a las distancias se puede observar que a tres metros se tiene una mayor abundancia con 337, mientras que la más baja presencia se obtuvo a 6 m de distancia, con 128. Y un índice de Shannon Wiener de 0.291, el índice de Simpson de 2.264. Como se observa en este cuadro 5.

**Cuadro 4.** Parámetros ecológicos de las comunidades de HMA presentes en la rizósfera de *Distichlis spicata* L.

Parámetros ecológicos	General	1m	3 m	6 m
Número de esporas (nE)	595	130 a	337 a	128 a
Riqueza de especies (S)	5	3	2	2
Índice de Shannon-Wiener	0.291	0.403	0.019	0.327
Índice de Simpson	2.264	0.782	0.976	0.505
Índice de Pielou (equidad)	0.181	0.367	0.027	0.472
Índice de Sorensen cuantitativo				
3 m		0.886		
6 m		0.015	0.89	
Índice de Sorensen cualitativo				
3 m		0.400		
6 m		0.400	0.500	



**Figura 3.** Esporas encontradas en la rizósfera en la poza salada, está ubicada en el estado de Coahuila, en el municipio de san pedro de las colonias, en el valle del sobaco. **A** *Ambispora fennica*, **B** *Claroideoglopus etunicatum*, **C** *Septoglopus constrictum*, **D** *Scutellospora gilmorei*.

## V. DISCUSION

El objetivo del presente trabajo fue la evaluación de la diversidad de los hongos micorrícicos arbusculares en diferentes gradientes de salinidad en la rizósfera de *Distichlis spicata*. Aparentemente existen diferencias en el número de esporas aisladas, pero no en la diversidad. La diferencia en el pH y la conductividad eléctrica en cada una de las distancias de muestreo reveló que la de mayor distancia del agua presenta una mayor lectura del pH.

Debido a que el pH del medio de cultivo controla las reacciones químicas, que determinan si los nutrientes van a estar o no disponibles (solubles o insolubles), para su absorción. Los problemas nutritivos más comunes ocurren en los cultivos cuyo el pH se encuentra fuera del rango óptimo. El cual es de 5,5 a 6,8 los cuales difieren de los obtenidos en este trabajo. Los elementos que pueden disminuir la solubilidad son el hierro, fósforo, manganeso, zinc y cobre (Barbaro *et al.*, 2014).

En cuanto la conductividad eléctrica, parámetro del suelo que mide la concentración de sales solubles presentes (Barbaro *et al.*, 2014). Los resultados obtenidos son reportados por (US Regional Laboratory, 1954) como moderadamente salina y fuertemente salina en la distancia de seis metros.

Las familias de los hongos micorrícicos presente en la rizósfera de *Distichlis spicata*, fueron mayor en número a las encontradas en diferentes especies de plantas de clima semiárido al norte de China, donde la única familia en que coinciden es en la Glomeraceae en cuatro plantas resistentes a la salinidad y

donde los géneros predominantes fueron *Funneliformis* y *Glomus* (Wang *et al.*, 2004).

Las cinco especies reportadas en este trabajo difieren ampliamente de las 33 especies encontradas por ((Wang *et al.*, 2004), de las cuales solo las especies *Ambispora fennica* y *Scutellospora gilmorei* no se encontraron en el presente trabajo.

*Scutellospora gilmorei*, nueva especie para el Desierto Chihuahuense donde se realizó dicho estudio (Zamudio *et al.*, 2017, Pezzani *et al.*, 2006), nueva especie en México en ecosistemas no transformados (Montaño *et al.*, 2012) y nueva especie para ecosistema semiárido de México (Chimal-Sánchez *et al.*, 2015).

Respecto al análisis de abundancia relativa y frecuencia, los resultados obtenidos en este trabajo, difieren ampliamente de los reportados por Hernández *et al.* (2013), en rizósfera de *Agave potatorum*, debido a que la abundancia relativa y la frecuencia de aislamiento con mayores resultados fue *F. geosporum*.

En el trabajo de Hernández *et al.* (2017), evaluaron al diversidad temporal de micorrizas arbusculares en la rizósfera de *Larrea tridentata* la especies con valores mayores fue *Funneliformis geosporum* y *Septoglomus constrictum*, ambas especies presentes en el trabajo con valores bajos de numero de esporas.

Los valores del porcentaje de micorrización altos coinciden con los reportados por Collier *et al.* (2003), en *Larrea tridentata* en el Desierto Chihuahuense. Y con los resultados obtenidos por Hernández *et al.* (2017), para la misma especie. Pero no coinciden con los de Pezzani *et al.* (2006), en

gramíneas del desierto de Chihuahua, donde el mayor porcentaje de colonización micorrícica fue del 33%. Estos valores altos de micorrización y bajos en el contenido de esporas vivas concuerda con los resultados obtenidos por Klironomos y Hart (2002), donde menciona que los hongos micorrícicos arbusculares forman una serie de propágulos infecciosos diferentes que se utilizan para formar nuevas asociaciones micorrícica que estos pueden ser: esporas, hifas extra radical y raíces infectadas.

Referente a Los parámetros ecológicos, los resultados obtenidos en este trabajo, mostraron diferencias entre las comunidades de un metro y seis con la de tres metros, tanto en los índices de diversidad y de equidad en la evaluación de la diversidad alfa (Índice de Shannon Wiener). Para la diversidad beta (Índice de Sorensen), número de esporas las comunidades de un metro y seis resultaron más parecidas.

## VI. CONCLUSIONES

Existen diferencias entre las especies de hongos micorrizicos arbusculares y el número de esporas en las comunidades de HMA de acuerdo con la distancia de espejo de agua y la concentración de sales. La comunidad mayor con respecto a la biodiversidad se encontró a un metro de distancia y el mayor número de esporas en la de tres metros.

En la rizósfera de *D. Spicata* se encontraron cinco especies de hongos micorrizicos arbusculares.

*Scutellospora gilmorei*, nueva especie encontrada para el desierto chihuahuense además de nuevas especies en México en ecosistemas no transformados y una nueva especie para el ecosistema semiárido de México.

En la actualidad se está realizando investigación para la propagación de especies de HMA de suelos salinos para la realización de estudio en plantas de interés agrícola.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- ABBOTT, L. & ROBSON, A. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Agriculture, ecosystems & environment*, 35, 121-150.
- ABROL, I., YADAV, J. S. P. & MASSOUD, F. 1988. *Salt-affected soils y their management*, Food & Agriculture Org.
- AL-KARAKI, G. N. 2006. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi y subsequent performance under irrigation with saline water. *Scientia Horticulturae*, 109, 1-7.
- AL-KARAKI, G. N., HAMMAD, R. & RUSAN, M. 2001. Response of two tomato cultivars differing in salt tolerance to inoculation with mycorrhizal fungi under salt stress. *Mycorrhiza*, 11, 43-47.
- ALLEN, M. 1992. *Mycorrhizal functioning: an integrative plant-fungal process*, Springer Science & Business Media.
- ALLEN, M. F. 1991. *The ecology of mycorrhizae*, Cambridge University Press.
- BACH ALLEN, E. & CUNNINGHAM, G. L. 1983. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on *Distichlis spicata* under three salinity levels. *New Phytologist*, 93, 227-236.
- BARBARO, L., KARLANIAN, M. & MATA, D. 2014. Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. *Ministerio de agricultura, ganadería y pesca*.
- BARIN, M., ALIASGHARZAD, N., OLSSON, P. A., RASOULI-SADAGHIANI, M. & MOGHDDAM, M. 2013. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi in relation to soil salinity around Lake Urmia in northern Iran analyzed by use of lipid biomarkers y microscopy. *Pedobiologia*, 56, 225-232.
- BATSCH, A. J. G. K. 1802. *Tabula affinitatum regni vegetabilis, quam delineavit, et nunc ulterius adumbratam tradit A.J.G.C. Batsch*, Vinariae, In bibliopolio, vulgo Lyes-industrie-comptoir.

- BECERRA, A., BARTOLONI, N., COFRÉ, N., SOTERAS, F. & CABELLO, M. 2014. Arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils: vertical distribution at different soil depth. *Brazilian Journal of Microbiology*, 45, 585-594.
- BENCHERIF, K., BOUTEKRABT, A., FONTAINE, J., LARUELLE, F., DALPÈ, Y. & ANISSA, L.-H. S. 2015. Impact of soil salinity on arbuscular mycorrhizal fungi biodiversity y microflora biomass associated with *Tamarix articulata* Vahl rhizosphere in arid y semi-arid Algerian areas. *Science of The Total Environment*, 533, 488-494.
- BONFANTE, P. & GENRE, A. 2010. Mechanisms underlying beneficial plant–fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. *Nat Commun*, 1, 48.
- BOTANY., H. S. S. O. & GARDEN., M. B. 1930. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. St. Louis :: Missouri Botanical Garden Press.
- BOUYOUCOS, G. J. 1962. Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils<sup>1</sup>. *Agron. J.*, 54, 464-465.
- BRITTON, N. L. & MILLSPAUGH, C. F. 1920. *The Bahama flora, by Nathaniel Lord Britton y Charles Frederick Millspaugh*, New York, The authors.
- BRIZUELA, M. A., CID, M. S., MINON, D. & GRECCO, R. F. 1990. Seasonal utilization of saltgrass (*Distichlis* spp.) by cattle. *Animal Feed Science y Technology*, 30, 321-325.
- BROWER, J. E., ZAR, J. H. & VON ENDE, C. 1990. Field y laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Co. Pub. Dubuque. Iowa. 237p.
- BRUNDRETT, M., BOUGHER, N., DELL, B., GROVE, T. & MALAJCZUK, N. 1996. *Working with mycorrhizas in forestry y agriculture*, Australian Centre for International Agricultural Research Canberra.
- BRUNDRETT, M. C., ABBOTT, L. K. & JASPER, D. A. 1999. Glomalean mycorrhizal fungi from tropical Australia. *Mycorrhiza*, 8, 305-314.
- CYOLLE, A. P. D. & CYOLLE, A. D. 1824. *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis, sive, Enumeratio contracta ordinum generum specierumque plantarum huc usque cognitarium, juxta methodi naturalis, normas digesta auctore Aug. Pyramo de Cyolle*, Parisii :, Sumptibus Sociorum Treuttel et Würtz.

- CARBALLAR-HERNÁNDEZ, S., PALMA-CRUZ, F. J., HERNÁNDEZ-CUEVAS, L. & ROBLES, C. 2013. Arbuscular mycorrhizal potential y mycorrhizal fungi diversity associated with *Agave potatorum* Zucc. in Oaxaca, Mexico. *Ecological Research*, 28, 217-226.
- CHIMAL-SÁNCHEZ, E., GARCÍA-SÁNCHEZ, R. & HERNÁNDEZ-CUEVAS, L. V. 2015. Gran riqueza de hongos micorrizógenos arbusculares en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Revista mexicana de micología*, 41, 14-26.
- COLLIER, S. C., YARNES, C. T. & PETER HERMAN, R. 2003. Mycorrhizal dependency of Chihuahuan Desert plants is influenced by life history strategy y root morphology. *Journal of Arid Environments*, 55, 223-229.
- CZAJA, A., ESTRADA-RODRÍGUEZ, J. L. & MÉNDEZ, U. R. 2014. Freshwater mollusks of the Valley of Sobaco, Coahuila, Northeastern Mexico—a subfossil ecosystem similar to Cuatrociénegas. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 66, 459-469.
- DYAN, Z. & ZHWEI, Z. 2007. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the hot-dry valley of the Jinsha River, southwest China. *Applied Soil Ecology*, 37, 118-128.
- DUNCAN, W. 1974. Vascular halophytes of the Atlantic y Gulf Coasts of North America north of Mexico. *Ecol. Halophytes*, 14, 23-50.
- ENKHTUYA, B., RYDLOVÁ, J. & VOSÁTKA, M. 2000. Effectiveness of indigenous y non-indigenous isolates of arbuscular mycorrhizal fungi in soils from degraded ecosystems y man-made habitats. *Applied soil ecology*, 14, 201-211.
- ENTRY, J. A., RYGIWICZ, P. T., WATRUD, L. S. & DONNELLY, P. K. 2002. Influence of adverse soil conditions on the formation y function of arbuscular mycorrhizas. *Advances in Environmental Research*, 7, 123-138.
- 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 y saline Mediterranean ecosystems. *Journal of arid environments*, 97, 170-175.

- EVELIN, H., KAPOOR, R. & GIRI, B. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. *Annals of Botany*, 104, 1263-1280.
- FASSBENDER, H. W. & BORNEMISZA, E. 1987. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*, lica.
- FASSETT, N. C. 1925. Notes on *Distichlis*. *Rhodora*, 27.
- FELLBAUM, C. R., GACHOMO, E. W., BEESETTY, Y., CHOUDHARI, S., STRAHAN, G. D., PFEFFER, P. E., KIERS, E. T. & BÜCKING, H. 2012. Carbon availability triggers fungal nitrogen uptake y transport in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, 2666-2671.
- FENG, G., ZHANG, F., LI, X., TIAN, C., TANG, C. & RENGEL, Z. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza*, 12, 185-190.
- FLOWERS, T., TROKE, P. & YEO, A. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual review of plant physiology*, 28, 89-121.
- GARG, N. & MANCHYA, G. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal inoculation on salt-induced nodule senescence in *Cajanus cajan* (pigeonpea). *Journal of Plant Growth Regulation*, 27, 115-124.
- GARG, N. & PYEY, R. 2015. Effectiveness of native y exotic arbuscular mycorrhizal fungi on nutrient uptake y ion homeostasis in salt-stressed *Cajanus cajan* L.(Millsp.) genotypes. *Mycorrhiza*, 25, 165-180.
- GERDEMANN, J. W. & NICOLSON, T. H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving y decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46, 235-244.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New phytologist*, 84, 489-500.
- GIRI, B., KAPOOR, R. & MUKERJI, K. 2007. Improved tolerance of *Acacia nilotica* to salt stress by arbuscular mycorrhiza, *Glomus fasciculatum* may be partly related to elevated K/Na ratios in root y shoot tissues. *Microbial ecology*, 54, 753-760.

- GIRI, B., KAPOOR, R. & MUKERJI, K. G. 2003. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi y salinity on growth, biomass, y mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. *Biology y Fertility of Soils*, 38, 170-175.
- GUPTA, R. & KRISHNAMURTHY, K. 1996. Response of mycorrhizal y nonmycorrhizal *Arachis hypogaea* to NaCl y acid stress. *Mycorrhiza*, 6, 145-149.
- HAECKEL, E. 1866. *Generelle morphologie der organismen. Allgemeine grundzüge der organischen formen-wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformirte descendenztheorie, von Ernst Haeckel*, Berlin, G. Reimer.
- HANSEN, D., DAYANYAN, P., KAUFMAN, P. B. & BROTHERTON, J. 1976. Ecological adaptations of salt marsh grass, *Distichlis spicata* (Gramineae), y environmental factors affecting its growth y distribution. *American Journal of Botany*, 635-650.
- HARLEY, J. L. & SMITH, S. E. 1983. *Mycorrhizal symbiosis*, Academic Press, Inc.
- HASHEM, A., ABD\_ALLAH, E., ALQARAWI, A. & EGAMBERDIEVA, D. 2016. Bioremediation of adverse impact of cadmium toxicity on *Cassia italica* Mill by arbuscular mycorrhizal fungi. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23, 39-47.
- HATCH, S. L., SCHUSTER, J. L. & DRAWE, D. L. 1999. *Grasses of the Texas Gulf prairies y marshes*, Texas A&M University Press.
- HERNÁNDEZ-ZAMUDIO, G., SÁENZ-MATA, J., MORENO-RESÉNDEZ, A., CASTAÑEDA-GAYTÁN, G., OGAZ, A., CARBALLAR-HERNÁNDEZ, S. & HERNÁNDEZ-CUEVAS, L. 2017. Dinámica de la diversidad temporal de los hongos micorrícicos arbusculares de *Larrea tridentata* (Sesse & Mocino ex DC) Coville en un ecosistema semiárido. *Revista Argentina de Microbiología*.
- HITCHCOCK, A. S. 1935. *Manual of the grasses of the United States*, Washington ;, U.S. G.P.O.

- HONG, J. J., PARK, Y.-S., BRAVO, A., BHATTARAI, K. K., DANIELS, D. A. & HARRISON, M. J. 2012. Diversity of morphology y function in arbuscular mycorrhizal symbioses in *Brachypodium distachyon*. *Planta*, 236, 851-865.
- JAHROMI, F., AROCA, R., PORCEL, R. & RUIZ-LOZANO, J. M. 2008. Influence of salinity on the in vitro development of *Glomus intraradices* y on the in vivo physiological y molecular responses of mycorrhizal lettuce plants. *Microb Ecol*, 55, 45-53.
- JIANG, Q.-Y., ZHUO, F., LONG, S.-H., ZHAO, H.-D., YANG, D.-J., YE, Z.-H., LI, S.-S. & JING, Y.-X. 2016. Can arbuscular mycorrhizal fungi reduce Cd uptake y alleviate Cd toxicity of *Lonicera japonica* grown in Cd-added soils? *Scientific reports*, 6.
- KAYA, C., ASHRAF, M., SONMEZ, O., AYDEMIR, S., TUNA, A. L. & CULLU, M. A. 2009. The influence of arbuscular mycorrhizal colonisation on key growth parameters y fruit yield of pepper plants grown at high salinity. *Scientia Horticulturae*, 121, 1-6.
- KEMP, P. R. & CUNNINGHAM, G. L. 1981. Light, Temperature y Salinity Effects on Growth, Leaf Anatomy y Photosynthesis of *Distichlis spicata* (L.) Greene. *American Journal of Botany*, 507-516.
- KENRICK, P. & CRANE, P. R. 1997. *The origin y early diversification of ly plants. A cladistic study*, Smithsonian Institute Press Washington DC.: A cladistic study. Smithsonian Institute Press.
- KLIRONOMOS, J. N. & HART, M. M. 2002. Colonization of roots by arbuscular mycorrhizal fungi using different sources of inoculum. *Mycorrhiza*, 12, 181-184.
- KÖHL, L., LUKASIEWICZ, C. E. & HEJDEN, M. G. 2016. Establishment y effectiveness of inoculated arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils. *Plant, cell & environment*, 39, 136-146.
- KOSKE, R. E. & TESSIER, B. 1983. A convenient, permanent slidemounting medium. *Mycol Soc Am Newslett* 34, 1-59.
- MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity y its measurement. Princeton, Princeton University Press.

- MONTAÑO, N. M., ALARCÓN, A., CAMARGO-RICALDE, S. L., HERNÁNDEZ-CUEVAS, L. V., ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, J., GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M. D. C. A., GAVITO, M. E., SÁNCHEZ-GALLEN, I., RAMOS-ZAPATA, J. & GUADARRAMA, P. 2012. Research on arbuscular mycorrhizae in Mexico: an historical synthesis y future prospects. *Symbiosis*, 57, 111-126.
- MOREIRA, H., PEREIRA, S. I., MARQUES, A. P., RANGEL, A. O. & CASTRO, P. M. 2015. Mine ly valorization through energy maize production enhanced by the application of plant growth-promoting rhizobacteria y arbuscular mycorrhizal fungi. *Environmental Science y Pollution Research*, 1-11.
- PARIDA, A. K. & DAS, A. B. 2005. Salt tolerance y salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology y Environmental Safety*, 60, 324-349.
- PELLIZA, A., BORRELLI, L. & BONVISSUTO, G. 2005. El pasto Salado (*Distichlis* spp.) en la Patagonia: una forrajera adaptada a la aridez ya la salinidad.
- PESSARAKLI, M., HARIVYI, M., KOPEC, D. M. & RAY, D. T. 2012. Growth responses y nitrogen uptake by saltgrass (*Distichlis spicata* L.), a halophytic plant species, under salt stress, using the 15 N technique. *International Journal of Agronomy*, 2012.
- PEZZANI, F., MONTAÑA, C. & GUEVARA, R. 2006. Associations between arbuscular mycorrhizal fungi y 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 y staining parasitic y vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55, 158-IN18.
- PHILLIPS, S. M. 1982. A Numerical Analysis of the Eragrostideae (Gramineae). *Kew Bulletin*, 37, 133-162.
- RABIE, G. 2004. Influence of arbuscular mycorrhizal fungus y kinetin on the response of mungbean plants to irrigation by seawater. *Mycobiology*, 32, 79-87.
- READ, D. J. & SMITH, S. E. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*, Elsevier Science & Technology.

- REDECKER, D., KODNER, R. & GRAHAM, L. E. 2000. Glomalean fungi from the Ordovician. *Science*, 289, 1920-1921.
- RENGASAMY, P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*, 57, 1017-1023.
- RUIZ-LOZANO, J., AZCON, R. & GOMEZ, M. 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular-mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants. *Physiologia plantarum*, 98, 767-772.
- RUIZ-LOZANO, J. M., COLLADOS, C., BAREA, J. M. & AZCÓN, R. 2001. Arbuscular mycorrhizal symbiosis can alleviate drought-induced nodule senescence in soybean plants. *New Phytologist*, 151, 493-502.
- SCHENCK, N. C. & PEREZ, Y. 1988. *Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi*, Synergistic Publications, Gainesville, Fla.
- SCHIMPER, A. F. W. & FISHER, W. R. 1903. *Plant-geography upon a physiological basis*, Clarendon Press.
- SCHMID, R. B. R. 1988. The Plant-Book: A Portable Dictionary of the Higher Plants. [further subtitle— Utilising Cronquist's An Integrated System of Classification of Flowering Plants (1981) y Current Botanical Literature, Arranged Largely on the Principles of Editions 1-6 (1896/97-1931) of Willis's A Dictionary of the Flowering Plants y Ferns] by D. J. Mabberley. *Madroño*, 35.
- SCHÜBLER, A., SCHWARZOTT, D. & WALKER, C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny y evolution. *Mycological research*, 105, 1413-1421.
- SCHÜBLER, A. & WALKER, C. 2010. The Glomeromycota: a species list with new families y new genera.
- SCHÜBLER, A., SCHWARZOTT, D. & WALKER, C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny y evolution. *Mycological Research*, 105, 1413-1421.
- SCIENCES., C. A. O. 1884. Bulletin of the California Academy of Sciences. [S.I. :: The Academy].

- SHAINBERG, I. & LETEY, J. 1984. *Response of soils to sodic y saline conditions*, University of California, Division of Agriculture y Natural Resources.
- SHENG, M., TANG, M., CHEN, H., YANG, B., ZHANG, F. & HUANG, Y. 2008. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis y water status of maize plants under salt stress. *Mycorrhiza*, 18, 287-96.
- SKARADEK, W. & MILLER, C. 2010. Saltgrass, *Distichlis spicata* (L.) Greene. *Plant fact sheet. USDA NRCS Cape May Plant Materials Center* <http://www.plant-materials.nrcs.usda.gov/pubs/njpmcfs9906.pdf>.
- SMART, R. M. & BARKO, J. W. 1980. Nitrogen nutrition y salinity tolerance of *Distichlis spicata* y *Spartina alterniflora*. *Ecology*, 630-638.
- SMITH, S. 1997. Read DJ. 1997. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London.
- STUTZENBAKER, C. D. 1999. Aquatic y wetly plants of the western Gulf Coast.
- THE ANGIOSPERM PHYLOGENY, G. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders y families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, 105-121.
- US REGIONAL LABORATORY, R., CALIF 1954. *Diagnosis y Improvement of saline y alkali soils*, US Government Printing Office.
- VICENTE-SÁNCHEZ, J., NICOLÁS, E., PEDRERO, F., ALARCÓN, J., MAESTRE-VALERO, J. & FERNÁNDEZ, F. 2014. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alleviates detrimental effects of saline reclaimed water in lettuce plants. *Mycorrhiza*, 24, 339-348.
- 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, F.-Y., LIU, R.-J., LIN, X.-G. & ZHOU, J.-M. 2004. Arbuscular mycorrhizal status of wild plants in saline-alkaline soils of the Yellow River Delta. *Mycorrhiza*, 14, 133-137.
- WARREN, R. S. & BROCKELMAN, P. M. 1989. Photosynthesis, respiration, y salt gly activity of *Distichlis spicata* in relation to soil salinity. *Botanical Gazette*, 346-350.

- WILDE, P., MANAL, A., STODDEN, M., SIEVERDING, E., HILDEBRYT, U. & BOTHE, H. 2009. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in roots y soils of two salt marshes. *Environmental Microbiology*, 11, 1548-1561.
- WU, L., ENBERG, A. W. & GUO, X. 1997. Effects of Elevated Selenium y Salinity Concentrations in Root Zone on Selenium y Salt Secretion in Saltgrass (*Distichlis spicata*L.). *Ecotoxicology y environmental safety*, 37, 251-258.
- YANG, Y., LIANG, Y., HAN, X., CHIU, T.-Y., GHOSH, A., CHEN, H. & TANG, M. 2016. The roles of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in phytoremediation y tree-herb interactions in Pb contaminated soil. *Scientific reports*, 6.
- YANO-MELO, A. M., SAGGIN, O. J. & MAIA, L. C. 2003. Tolerance of mycorrhized banana (*Musa* sp. cv. Pacovan) plantlets to saline stress. *Agriculture, ecosystems & environment*, 95, 343-348.
- ZHANG, X., REN, B.-H., WU, S.-L., SUN, Y.-Q., LIN, G. & CHEN, B.-D. 2015. Arbuscular mycorrhizal symbiosis influences arsenic accumulation y speciation in *Medicago truncatula* L. in arsenic-contaminated soil. *Chemosphere*, 119, 224-230.
- ZHU, J.-K. 2001. Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, 6, 66-71.