



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ciencias Naturales  
Licenciatura En Horticultura Ambiental



**DETERMINACIÓN DE LA MUERTE O PUDRICIÓN DE PLÁNTULAS EN  
VIVERO DE *Erythrina coralloides* DC.**

Tesis individual

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de Licenciada En Horticultura  
Ambiental

**PRESENTA:**

Megan Uribe Bernal

**DIRIGIDO POR:**

M. en C. Kruskaia Karenia Caltzontzin Fernández

Santiago de Querétaro, Querétaro, Diciembre 2019



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ciencias Naturales  
Licenciatura En Horticultura Ambiental



**DETERMINACIÓN DE LA MUERTE O PUDRICIÓN DE PLÁNTULAS EN  
VIVERO DE *Erythrina coralloides* DC.**

Tesis individual

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de Licenciada En Horticultura  
Ambiental

**PRESENTA:**

Megan Uribe Bernal

**DIRIGIDO POR:**

M. en C. Kruskaia Karenia Caltzontzin Fernández

Kruskaia Karenia Caltzontzin Fernández

Presidente

\_\_\_\_\_  
Firma

Luis Gerardo Hernández Sandoval

Secretario

\_\_\_\_\_  
Firma

Oliva del Carmen Ramírez Segura

Vocal

\_\_\_\_\_  
Firma

Tamara Guadalupe Osorno Sánchez

Suplente

\_\_\_\_\_  
Firma

## Resumen

Recientemente las actividades de propagación y cultivo de plantas nativas han ido en aumento con diversos fines, entre ellos, ampliar la paleta vegetal para diversificar el arbolado urbano en las ciudades. Sin embargo, se han registrado problemas fitosanitarios en las actividades de propagación en los viveros de producción de planta nativa en México, entre los que se destaca la fusariosis. Es una enfermedad ampliamente distribuida y comúnmente registrada en sitios donde se realizan labores de propagación y cultivo de especies vegetales. Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue determinar la muerte por pudrición en vivero de plántulas de *Erythrina coralloides* y prevenir casos de infección a través del riego con solución nutritiva. Se contabilizó la supervivencia y monitoreó el crecimiento de plántulas de *E. coralloides* inoculadas con *Fusarium* sp. durante un periodo de sesenta días. Los resultados obtenidos muestran un porcentaje alto de supervivencia (100%) de plántulas de *E. coralloides* bajo el tratamiento de riego con solución nutritiva, por otro lado hubo un aumento significativo, con el mismo tratamiento, en la medición del crecimiento de las plántulas respecto a altura, diámetro a la altura de la base, durante el experimento y peso fresco y número de hojas al finalizar el experimento. Con lo anterior se plantea utilizar el riego con solución nutritiva como un método preventivo eficaz para disminuir la muerte e incidencia por fusariosis en los viveros. Sin embargo, únicamente se puede concluir que la fusariosis fue causada por un desequilibrio nutricional y se debe continuar con las investigaciones para determinar su posible sinergismo con otros agentes causales.

**Palabras clave.** Plantas nativas., solución nutritiva, cultivo en sustrato, fusariosis, disminución de incidencia.

## Summary

Recently the propagation and cultivation of native plants has been on the rise with a variety of purposes, including expanding the plant palette to diversify urban trees in cities. However, phytosanitary problems have been reported in propagation activities in native plant production nurseries in Mexico, including fusariosis. It is a widely distributed and commonly registered disease in sites where plant species are propagated and cultivated. Therefore, the objective of this work was to determine the death by rot in the seedling nursery of *Erythrina coralloides* and prevent cases of infection through nutrient-resolved irrigation. Survival was posted and monitored the growth of *E. coralloides* seedlings inoculated with *Fusarium* sp. over a period of sixty days. The results obtained show a high survival rate (100%) *E. coralloides* seedlings under irrigation treatment with nutrient solution, on the other hand there was a significant increase, with the same treatment, in the measurement of growth seedlings relative to height, diameter at base height, during the experiment and fresh weight and number of leaves at the end of the experiment. The above proposes to use irrigation with nutrient solution as an effective preventive method to decrease death and incidence of fusariosis in nurseries. However, it can only be concluded that fusariosis was caused by a nutritional imbalance and investigations should be continued to determine their possible synergism with other causal agents.

**Key words.** Native plants, solution nutritive, cultivation on substrate, *Fusarium* treatment, low incidence.

## **Dedicatoria**

A mi padre, por su original forma de crianza, lo has hecho increíble. Gracias.

A mis hermanas y mi familia, por hacerme reír y compartir conmigo sus anécdotas, han sido educativas de una manera especial. Los quiero mucho.

A Irma, Karina y Luis, por su compañía y palabras de ánimo en los momentos de ofuscación. Son lo máximo.

A la causalidad de la madre naturaleza. Solo ella entiende sus razones.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## Agradecimientos

Al Fideicomiso Queretano para la Conservación del Medio Ambiente (FIQMA), por la donación de plantas de *Erythrina coralloides* para iniciar este proyecto.

A la M. en C. Kruskaia, la M. en C. Oliva, al Dr. Santiago y la Dra. Tamara por sus enseñanzas, guía y dedicación.

A la Dra. Mahinda y al Dr. Luis por prestarme equipo de su laboratorio y brindarme apoyo económico.

Al Dr. Fidel Landeros por prestarme equipo del laboratorio de Micología, sin conocerme más allá de encuentros en el campus.

A mis profesoras y profesores de la Licenciatura en Horticultura ambiental, por mostrarme una nueva perspectiva sobre la importancia de la flora en mi vida.

A mis compañeros y compañeras de generación, que aportaron con su amistad y actitud contagiosa en la culminación de este proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|  |     |
|--|-----|
| Resumen .....  | I   |
| Summary .....  | II  |
| Dedicatoria .....  | III |
| Agradecimientos .....  | IV  |
| Índice de contenido .....  | 1   |
| Índice de figuras .....  | 4   |
| Índice de cuadros .....  | 4   |
| 1. Introducción .....  | 5   |
| 2. Antecedentes .....  | 7   |
| 2.1. Diagnóstico fitosanitario de viveros e importancia de la nutrición en la<br>producción de planta nativa en México ..... | 7   |
| 2.2. <i>Erythrina coralloides</i> DC. ....   | 8   |
| 2.2.1. Clasificación botánica .....  | 8   |
| 2.2.2. Distribución .....  | 8   |
| 2.2.3. Descripción de la especie .....   | 9   |
| 2.2.4. Propagación de <i>E. coralloides</i> .....  | 9   |
| 2.3. Fusariosis .....  | 10  |
| 2.3.1. Transmisión e incidencia .....  | 10  |
| 2.3.2. Diagnóstico .....   | 10  |
| 2.3.3. Fusariosis primaria .....   | 11  |
| 2.3.4. Fusariosis secundaria .....   | 12  |

|   |    |
|---|----|
| 2.4. Soluciones nutritivas .....  | 12 |
| 2.4.1. Disminución en la incidencia de la fusariosis con solución nutritiva y cultivo en sustrato ..... | 13 |
| 3. Justificación .....  | 14 |
| 4. Preguntas de investigación .....   | 15 |
| 5. Objetivos .....  | 15 |
| 5.1. Objetivo específicos .....   | 15 |
| 6. Materiales y métodos .....   | 16 |
| 6.1. Sitio de estudio .....   | 16 |
| 6.1.1. Revisión fitosanitaria de las plantas propagadas en el vivero FIQMA .....                        | 16 |
| 6.1.2. Selección de material vegetal <i>E. coralloides</i> en el vivero de FIQMA .....                  | 16 |
| 6.2. Aislamiento de cepas .....   | 17 |
| 6.3. Cultivo e identificación .....   | 17 |
| 6.4. Microorganismos encontrados asociados a raíces de <i>E. coralloides</i> . .....                    | 18 |
| 6.5. Preparación de inóculo e inoculación .....   | 18 |
| 6.6. Material vegetal de <i>E. coralloides</i> para inocular .....                                      | 19 |
| 6.6.1. Colecta de semillas, germinación y trasplante .....  | 20 |
| 6.6.2. Riego .....  | 20 |
| 6.6.3. Monitoreo de plantas inoculadas .....  | 21 |
| 6.6.4. Diseño experimental y análisis estadísticos .....  | 21 |
| 7. Resultados .....   | 23 |
| 7.1. Incidencia en los tratamientos .....   | 23 |
| 7.2. Mortalidad y sobrevivencia de las plántulas inoculadas .....                                       | 24 |
| 7.3. Crecimiento de <i>E. coralloides</i> .....   | 25 |



|  |    |
|--|----|
| 7.3.1. Peso fresco .....                     | 25 |
| 7.3.2. Número de hojas .....                 | 25 |
| 7.3.3. Altura .....                          | 26 |
| 7.3.4. Diámetro a la altura de la base ..... | 27 |
| 8. Discusión .....                           | 28 |
| 9. Conclusiones .....                        | 32 |
| Literatura citada .....                      | 33 |

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Condiciones necesarias para presentarse la enfermedad .....   | 7  |
| Figura 2. Ciclo de vida de <i>Fusarium</i> .....  | 8  |
| Figura 3. Cepas de <i>Fusarium</i> asociadas a raíces de <i>E. coralloides</i> .....  | 14 |
| Figura 4. Puntos de inoculación en el sustrato de <i>E. coralloides</i> .....   | 15 |
| Figura 5. Monitoreo de plantas .....  | 18 |
| Figura 6. Porcentaje final de plantas afectadas por la inoculación con cepas de <i>Fusarium</i> , bajo tratamiento con riego sin solución nutritiva ..... | 19 |
| Figura 7. Tasa de incidencia del tratamiento con riego sin solución nutritiva .....   | 20 |

## Índice de cuadros

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1. Diseño experimental. Inoculación y riego de plántulas .....  | 16 |
| Cuadro 2. Criterios de consideración para la severidad y la incidencia en <i>E. coralloides</i> por Fusariosis ..... | 17 |
| Cuadro 3. Peso fresco final de <i>E. coralloides</i> por tratamiento .....   | 20 |
| Cuadro 4. Número de hojas final de <i>E. coralloides</i> por tratamiento .....                                       | 21 |

## 1. Introducción

Bajo diferentes políticas ambientales a partir de los años 80's es que México decide tomar acciones contra las tasas de crecimiento en la extracción de recursos, transformación del uso de suelo y crecimiento poblacional (Micheli, 2002; Calderón, 2010). La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA, 1988) en articulación con la Ley de Protección Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro (2009), son instrumentos resultantes del desarrollo de políticas ambientales con los cuales se pretende garantizar a los ciudadanos los derechos a un desarrollo sustentable, mejor calidad de vida y zonas de convivencia e integración social. Un ejemplo de la aplicación de estas políticas es el desarrollo y gestión de viveros de plantas nativas para brindar a la sociedad áreas verdes de esparcimiento.

En las leyes anteriormente mencionadas se dictamina que las áreas verdes en centros de población, zonas urbanas y zonas conurbadas, son indispensables para un desarrollo sustentable (mínimo 10 m<sup>2</sup>/habitante). El estado será el encargado de promover e impulsar labores que preserven y conserven las áreas verdes con o sin un valor ambiental; con el objetivo de prevenir, reducir o atenuar los efectos e impactos derivados de desequilibrios de ciclos ecológicos (Ley de Protección al ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro, 2009).

Las acciones tomadas para el cumplimiento de tales estatutos han sido la implementación de diversos programas y lugares para este propósito. Los viveros regionales son un ejemplo de estas acciones; con una paleta vegetal de especies nativas estos son importantes reservorios de diversidad genética, con labores de propagación y cultivo es como preservan material vegetal para futuros proyectos de conservación o restauración. El Fideicomiso Queretano para la Conservación del Medio Ambiente (FIQMA) es un caso del

emprendimiento del gobierno estatal en el fortalecimiento del desarrollo sustentable al conservar y preservar áreas verdes para la población (FIQMA, 2001).

En el año 2017 se hizo en FIQMA un monitoreo donde se observó que algunas de las especies propagadas presentaban síntomas de enfermedad y cambios fisiológicos, mismos que en plantas de los géneros *Acacia farnesiana*, *Pithecellobium dulce*, *Quercus virginiana* y *Erythrina coralloides* presentaron una merma en la producción (75%) (Uribe, 2017. Sin publicar). Por lo anteriormente señalado, se decidió indagar y comparar otro método de cultivo como alternativa al necrosamiento en el tejido vegetal de *E. coralloides*.

El manejo de plantas en vivero durante la propagación debe contar con al menos dos condiciones para prevenir enfermedades 1) contar con agua de calidad para regar y 2) fertilizar con los elementos mínimos necesarios; la fertilización implica el conocimiento de la fisiología y hábitat de la planta para equilibrar los elementos que estimularán diferentes procesos fisiológicos en la planta como la lignificación, lo cual brinda una ventaja ante el ataque de agentes patógenos (Huber *et al.*, 2012; Orozco *et al.*, 2010; Velazco, 1999).

El estudio fisiológico de plantas nativas en México para proyectos de restauración es reducido, en especial para aquellas de selva baja caducifolia (Reygadas *et al.*, 1997). La pertinencia de iniciar programas de propagación sobre especies nativas para futuros planes de restauración, diseño del paisaje y conservación, implica el conocimiento de protocolos de propagación, fisiología, plagas y enfermedades que desarrollan. En México este tipo de iniciativa se encuentra ante problemáticas como la falta de técnicos especializados y recursos económicos tales que articulan una serie de eventos que resultan en la propagación de especies nativas con problemas fisiológicos que dificultarán su establecimiento final (Bonfil y Trejo, 2010).

Con este estudio se aportó información sobre casos de infección por el género *Fusarium*, hongo fitopatógeno ubicuo y su incidencia en plántulas de *E. coralloides*, mediante la inducción de la enfermedad. Mediante tratamientos con soluciones nutritivas y cultivo en sustrato se disminuyó la incidencia y aumentó el porcentaje de sobrevivencia de la plántulas; además se registró un crecimiento significativo durante el periodo de monitoreo, en consecuencia el riego con solución nutritiva se sugiere como un riego alternativo en la propagación de *E. coralloides* para evitar casos de infección por *Fusarium*

## **2. Antecedentes**

### **2.1. Diagnóstico fitosanitario de viveros e importancia de la nutrición en la producción de planta nativa en México.**

El diagnóstico de diversos autores plantea aun un largo camino por recorrer respecto al establecimiento de viveros que produzcan planta nativa en México (Benítez *et al.*, 2002). Algunas limitantes políticas económicas y técnicas han mermado la estabilidad de este tipo de vivero, enfoque en la propagación de plantas nativas con aptas condiciones sanitarias para un posterior establecimiento en campo. El desconocimiento del tipo de condiciones necesarias para un desarrollo satisfactorio ha influido en la incidencia y severidad de plagas y enfermedades que repercuten en un óptimo establecimiento en campo (Benítez *et al.*, 2002). El cultivo en vivero con agua de calidad y fertilización con los elementos mínimos necesarios estimula diferentes procesos fisiológicos en la planta como la lignificación, lo cual brinda una ventaja ante el ataque de agentes patógenos (Orozco *et al.*, 2010).

Encontrar el equilibrio de nutrientes necesarios para el desarrollo sin deficiencias de la planta es complejo. Los nutrientes minerales son de vital importancia en el crecimiento de la planta, son catalizadores de procesos metabólicos los cuales derivan en formación de

tejidos y estructuras que aclimatarán a la planta ante diversas alteraciones del entorno (estrés). Por otro lado, la fertilización es un método de control cultural utilizado en la producción de plantas, previniendo contra la incidencia de enfermedades, sin embargo, un exceso en la aplicación de algún nutriente puede provocar el efecto contrario (Velasco, 1999; Huber *et al.*, 2012). En la propagación y producción de *Vasconcella x heilbornii* (bacaco) se han registrado pérdidas de entre 50 al 100 % durante las labores de propagación, cultivo y poscosecha (Quillay, 2011), aunque varía según la temperatura, resistencia de la planta, el estadio y patogenicidad de la cepa. Favela *et al.*, (2006) y García *et al.*, (2006) estudiaron como el método de cultivo sin suelo (cultivo en sustratos) combinado con riego hidropónico ha sido un método preventivo eficaz en la producción de *Pinus greggi* (pino) y *Triticum sativum* (trigo); debido a los reportes de disminución en la incidencia de fusariosis.

## **2.2. *Erythrina coralloides* DC.**

### **2.2.1. Clasificación botánica**

Ubicado en la Tribu Phaseoleae, subtribu Erythrinae, el género *Erythrina* está integrado por más de 110 especies distribuidas principalmente en los trópicos. Son en su mayoría de hábito arbóreo y en minoría arbustivo; también pertenecen a esta clasificación otros nueve subgéneros (Neill, 1988).

### **2.2.2. Distribución**

En el continente Americano se distribuye desde Estados Unidos de América hasta Colombia. En México se ha registrado en los estados de Chihuahua, Ciudad de México, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz. En los tipos de vegetación con una

estación de lluvias delimitada, entre 300 – 1200 mm distribuidos entre los meses de mayo a noviembre, suelos con adecuado drenaje y abundante materia orgánica (GBIF, 2001; Bonfil y Trejo, 2010; Moreno *et al.*, 2017). La especie *E. coralloides* es endémica del continente americano, en México está protegida bajo la categoría “Amenazada” de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y tiene importancia etnobotánica en México (Martínez, 1984; Monroy y Ayala, 2003; SEMARNAT, 2010).

### **2.2.3. Descripción de la especie**

Es una especie arbórea caducifolia, erecta a ligeramente sinuosa de hasta 5 m de alto; tronco ligeramente amarillo y regularmente con espinas pequeñas, diámetro a la altura del pecho de 30 cm en promedio y corteza ligeramente fisurada. Tiene hojas compuestas de tres foliolos, ovados, ápice acuminado y margen entero. Florece de febrero a junio; la inflorescencia está dispuesta en racimos terminales compuestos por flores rojas tubulares. Fructifica de septiembre a diciembre; el fruto, una vaina bivalvada café oscura dehiscente contiene semillas rojas reniformes (Neill, 1988).

### **2.2.4. Propagación de *Erythrina coralloides***

Para su propagación se recolectan vainas maduras del árbol madre para extraer las semillas manualmente; almacenadas a temperatura ambiente son viables mientras estén en un lugar fresco. Existen diversos tratamientos pre-germinativos para las semillas, uno de los más sencillos y efectivos es el remojo en agua a temperatura ambiente durante 24 o hasta 72

h. Al sembrarse debe considerarse una profundidad de dos veces el tamaño de la semilla y con una capa de arena cubrirlas (Baltazar *et al.*, 2004; Malda *et al.*, 2009).

Previo a la emergencia de cotiledones y radícula se riega todos los días, posteriormente cada tercer día si es necesario. Se han logrado emergencias del 80 % a los 41 días después de la siembra (dds). A los cuatro meses Baltazar *et al.*, (2004) registraron 39 cm como altura promedio de las plántulas; mientras que Malda *et al.*, (2009) sugieren podar para inducir la formación de un solo fuste antes del trasplante definitivo.

En la propagación asexual no se han registrado metodologías, sin embargo, en *Erythrina americana* Mill. Fehling *et al.*, (2015) obtuvieron 95 % de enraizamiento de estacas de 15 cm con fitohormonas (ácido indol-3-butírico) y 100 % de enraizamiento con fertilizante de liberación lenta (superfosfato triple 0-45-0); las cuales tienen la finalidad de promover el desarrollo del sistema radicular.

## **2.3. Fusariosis**

### **2.3.1. Transmisión e incidencia**

Es una enfermedad fúngica que afecta el sistema vascular de la planta e impide el flujo de nutrientes en esta. Cuenta con dos fases importantes: 1) Saprófita, en la cual coloniza el suelo y desechos orgánicos hasta encontrar las condiciones óptimas para su desarrollo; y 2) Parasítica, que implica la invasión de un hospedero vegetal del cual obtendrá recursos para su desarrollo (González, 2005; García, 2011, citado por Robles *et al.*, 2014). Se han registrado pérdidas de entre 50 al 100 % durante las labores de propagación, cultivo y poscosecha (Quillay, 2011), aunque varía según la temperatura, resistencia de la planta, el estadio y patogenicidad de la cepa (Fig.1).



### 2.3.2. Diagnóstico

Para determinar la enfermedad es necesario monitorear síntomas en la planta como pérdida de turgencia o reblandecimiento de tallos, clorosis progresiva, marchitez del meristema apical y muerte de la planta (Agrios, 2005). Lo anterior en forma experimental dependerá del tipo de inoculación, el tiempo en que se observen los primeros síntomas en la planta pero en promedio a los 60 días se observará la mortalidad de las primeras plantas por esta enfermedad (Robles *et al.*, 2014).

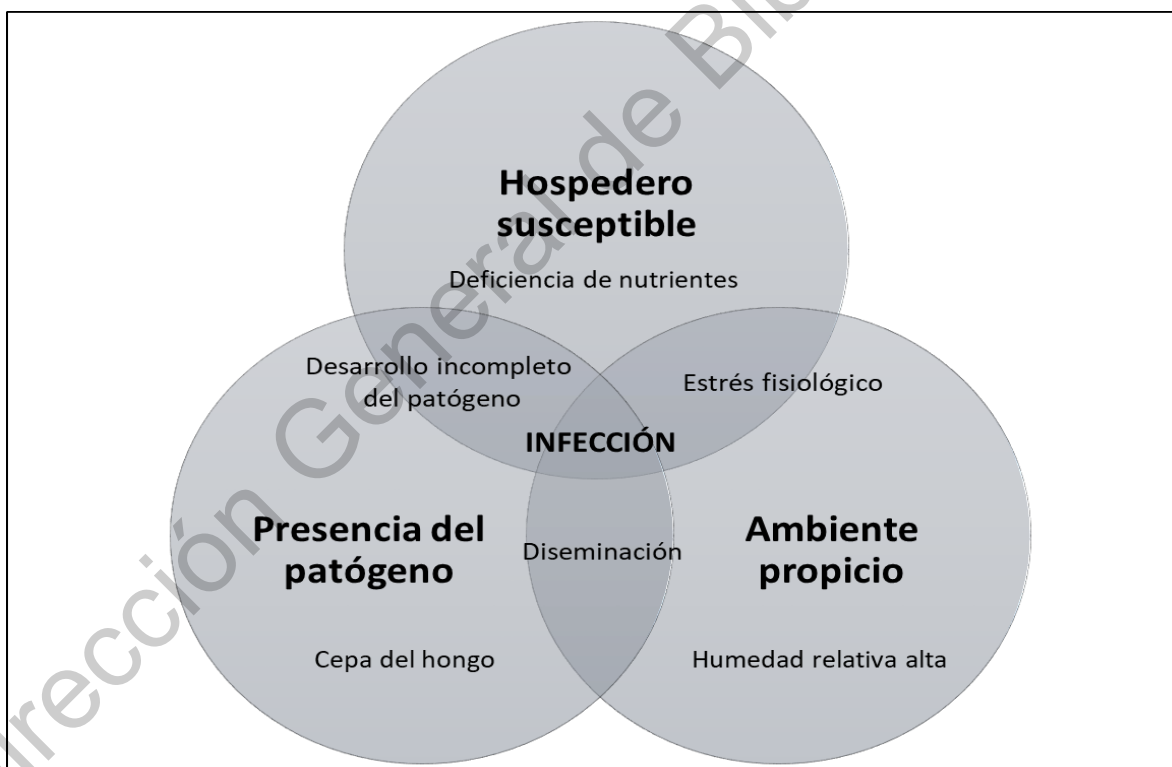


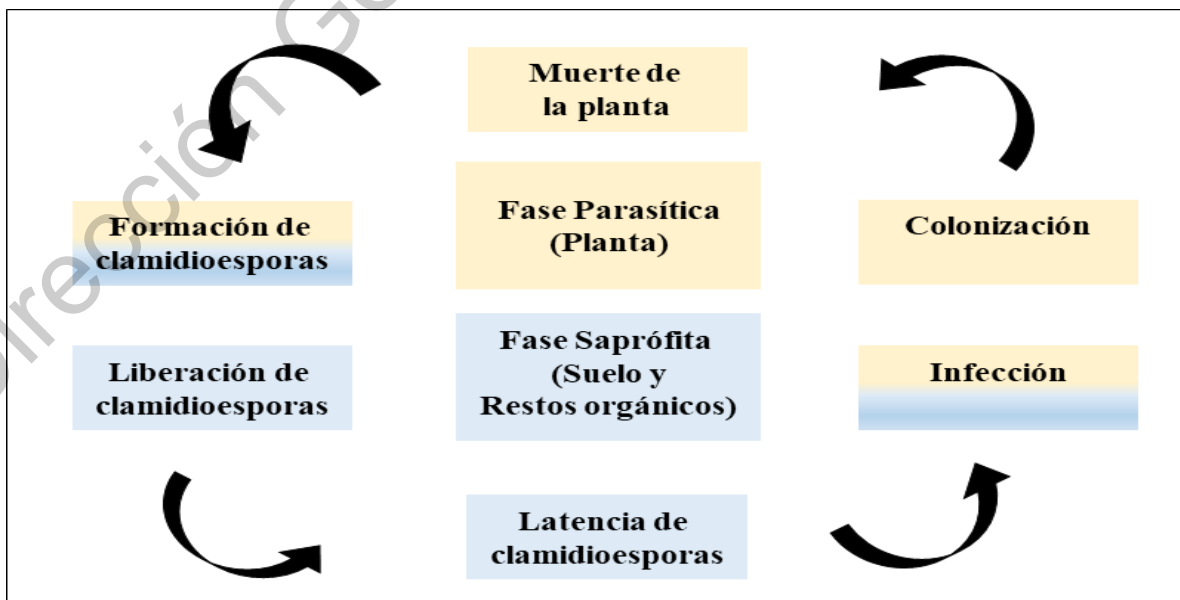
Figura 1. Condiciones necesarias para presentarse una enfermedad (Agrios, 2005).

### 2.3.3. Fusariosis primaria

Se caracteriza porque inóculo del género *Fusarium* es el que inicia la colonización del hospedero, una planta en este caso, a través de los tejidos de conducción. En algunos casos el punto de infección inicia en las raíces, y en otros a través de los estomas de la planta. Actúa como cualquier otro parásito, es decir que su ciclo concluye cuando el hongo agota los nutrientes de la planta (Nelson, 1981) (Fig.2.).

#### 2.3.4. Fusariosis secundaria

La diferencia con la fase primaria es su modo de infección y su cambio a fase saprófita. Por medio de estructuras llamadas clamidosporas el hongo tiene la capacidad de permanecer en un estado de latencia. Cuando se presentan las condiciones favorables, un



hospedero susceptible y temperatura de aproximadamente 28 °C, tiene la capacidad de infectar a un hospedero a partir del debilitamiento de la planta por otros organismos patógenos; así se inicia la fase parasítica. Las clamidosporas en esta fase pueden presentarse tanto en la parte aérea como en la rizósfera (Fig.2) pero necesitan de una herida o pérdida de vigor en la planta para que el hongo se desarrolle (Nelson, 1981).

**Fig. 2. Ciclo de vida de *Fusarium* (Modificado de Nelson, 1981)**

## **2.4. Soluciones nutritivas**

Por medio de minerales disueltos en agua se obtiene una solución que al ser absorbida por las raíces nutre y permite el óptimo desarrollo de la planta. De esta forma se sustituyen los nutrientes que el suelo brindaría a la especie vegetal en un cultivo convencional; el uso de esta técnica ha sido evaluado como un método preventivo contra enfermedades transmitidas a través de sustratos contaminados. La adecuada absorción de nutrientes por la planta tiene tres funciones fundamentales: 1) estructurales es decir que forman parte de las moléculas fundamentales para el desarrollo de células; 2) constituyentes de enzimas; y 3) activadores enzimáticos (Favela *et al.*, 2006; Vásquez y Castaño 2017).

### **2.4.1. Disminución en la incidencia de la fusariosis con solución nutritiva y cultivo en sustrato**

Es imposible erradicar *Fusarium* de un cultivo, debido a que su biología ha evolucionado a lo largo del tiempo para habitar una diversidad amplia de nichos. El método de cultivo sin suelo (cultivo en sustratos) combinado con riego hidropónico ha sido un método preventivo eficaz; debido a los reportes de disminución en la incidencia de fusariosis (Favela *et al.*, 2006; García *et al.*, 2006). Algunos autores sugieren que la combinación de estos dos tipos de cultivo reduce la severidad de la cepa, debido a la biología de *Fusarium* spp. para habitar y permanecer por largos periodos en el suelo; sin embargo, no se descarta una presencia asintomática del hongo fitopatógeno en plantas (Apodaca *et al.*, 2004).

### 3. JUSTIFICACIÓN

El desconocimiento de las condiciones necesarias para el crecimiento óptimo de plantas nativas en los diversos viveros en México plantea un serio problema y ha resultado en mermas en la producción de plantas para diversos proyectos de restauración (Benítez *et al.*, 2002), principalmente con especies distribuidas en la selva baja caducifolia (Reygadas *et al.*, 1997). Entre las enfermedades reportadas con mayor frecuencia en los viveros que propagan planta nativa se encuentra la fusariosis que provoca pudriciones y muerte en la planta (Benítez *et al.*, 2002; Uribe, 2017. Sin publicar).

La fusariosis es imposible de erradicar de un vivero o cualquier sistema debido a que ha evolucionado para habitar una amplia diversidad de nichos. Sin embargo, el método de propagación en sustrato combinado con riego a base de solución nutritiva ha sido reportado

como un método preventivo eficaz (Favela *et al.* 2006; García *et al.*, 2006) aunque no se descarta su presencia asintomática (Apodaca *et al.*, 2004).

La especie *E. coralloides* presenta características fisiológicas, requerimiento reducido de riego, follaje denso aunque caducifolio y flores llamativas de color rojo por las cuales, en algunos lugares de México, ha sido incluida en la paleta vegetal del arbolado urbano; además brinda beneficios ecológicos como cortina rompevientos, cerco verde, atrayente de polinizadores, soporte en la retención de suelo. Por otro lado, ha sido reportada como una especie con usos medicinales y comestibles (Baltazar *et al.*, 2004; Malda *et al.*, 2009).

Su propagación en el vivero de FIQMA ha presentado una merma (90%) (Uribe, 2017. Sin publicar) por los síntomas observados y el aislamiento de dos cepas del género *Fusarium* se determinará si es el agente causal de pudriciones y la muerte de plántulas de *E. coralloides* y se evaluará la disminución de síntomas bajo riego con soluciones nutritivas y propagación en sustrato.

### **Hipótesis**

Por los síntomas presentados por las plantas de *E. coralloides* el hongo fitopatógeno del género *Fusarium* podría ser el causante de pudriciones y la muerte de plántulas

### **4. Preguntas de investigación**

- ¿Regar con solución nutritiva disminuye la muerte de plántulas y pudriciones de plántulas inoculadas con cepas del género *Fusarium*?

### **5. Objetivo general**

- Determinar la muerte por pudrición de plántulas de *E. coralloides* y prevenir casos de infección a través de soluciones nutritivas

### **5.1. Objetivos específicos**

- Determinar casos de la enfermedad conocida como fusariosis causante de pudrición y muerte de plántulas.

- Contabilizar la sobrevivencia de plántulas con pudrición bajo riego con solución nutritiva y sin solución nutritiva.

- Medir el crecimiento de *E. coralloides*

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## **6. Materiales y métodos**

### **6.1. Sitio de estudio**

El vivero de FIQMA cuenta con dos hectáreas de terreno, se encuentra ubicado en la colonia La Esperanza, Santiago de Querétaro, Qro., (20°37'40.4"N 100°25'14.9"W) a 1852 msnm. El clima es seco a semi-seco y la vegetación circundante es del tipo selva baja caducifolia. En el lugar se propagan 26 especies, en su mayoría árboles y arbustos (96%); cuentan con los materiales como mesas, sustratos y charolas para la propagación por semilla de diversas especies arbóreas de planta nativa, algunos ejemplos son *Acacia farnesiana*, *Pithecellobium dulce*, *Quercus virginiana* y *Erythrina coralloides*. Las especies propagadas aquí al llegar a la etapa adulta son candidatas para ser donadas a algún proyecto de revegetación (FIQMA, 2015).

#### **6.1.1. Revisión fitosanitaria de las plantas propagadas en el vivero FIQMA**

Durante el periodo de julio a diciembre del año 2017 se hizo una revisión fitosanitaria de las especies propagadas en el vivero de FIQMA, la especie *E. coralloides* llamo especialmente la atención en la revisión por presentar, entre etapas juvenil y adulta, un porcentaje alto de la producción total (90%) con deterioro fisiológico, representado principalmente en síntomas como necrosis apical y necrosis del tallo principal.

#### **6.1.2. Selección de material vegetal de *E. coralloides* en el vivero de FIQMA**

De las plantas de *E. coralloides* observadas en la revisión fitosanitaria en el vivero de FIQMA, se seleccionaron 20 plantas que presentaron daño fisiológico y los síntomas de necrosamiento. Con las plantas mencionadas anteriormente se obtuvo el material vegetal

necesario (tallos y raíces) para determinar, con la elaboración de cámaras húmedas, la presencia del género *Fusarium* a través del aislamiento e identificación.

## **6.2. Aislamiento de cepas**

De plantas adultas de aproximadamente dos años de edad seleccionadas del viveros de FIQMA se tomaron muestras de aproximadamente 5 mm, del tejido dañado en tallos y raíces con el objeto de conseguir el agente patogénico, para lo cual se realizaron cámaras húmedas, para lo cual las muestras se sumergieron en cloro (25%) con agua (75%), como método de desinfección (Agrios, 2005); posteriormente se enjuagaron con agua para colocarse en una caja Petri con papel filtro humedecido y esterilizado previamente y fueron selladas con parafilm, se colocaron en incubadora a 24 °C durante tres días. Transcurrido el tiempo, se cultivaron los hongos obtenidos de las cámaras húmedas en medio de Papa Dextrosa Agar (PDA), incubándose a 28 °C haciendo la medición del crecimiento radial diariamente.

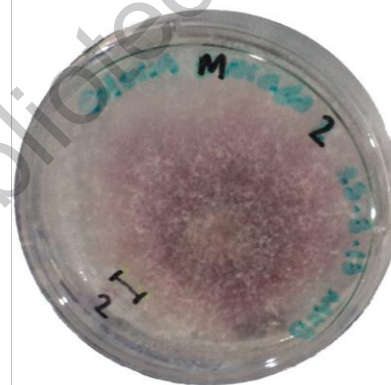
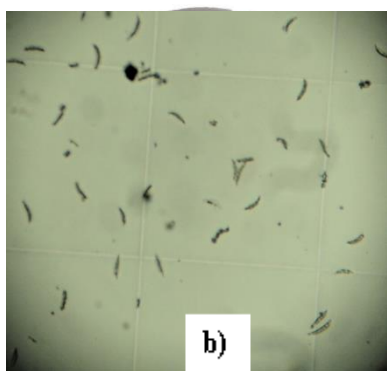
## **6.3. Cultivo e Identificación**

Posterior al aislamiento de cepas se hicieron micro-cultivos como método de apoyo para identificar las cepas obtenidas. Transcurridas dos semanas, se hizo una tinción con azul de lactofenol a los micro-cultivos para observar e identificar las estructuras morfológicas de los hongos. La identificación de los hongos se hizo con el apoyo de fotografías tomadas a través del microscopio y las claves ilustradas de hongos imperfectos de Barnett y Hunter (1998).



#### 6.4. Microorganismos encontrados asociados a raíces de *E. coralloides*.

Derivado de la identificación de los microcultivos previamente hechos se decidió trabajar con dos cepas del género *Fusarium* (Fig. 3. b) Cepa 1 C1-HH (Fig. 3. a) y Cepa 2 C2-M2 (Fig. 7. c). Debido a la falta de desarrollo de estructuras para identificar, fue que se decidió trabajar con el género. Sin embargo, sí se presentaron diferencias en la morfología de crecimiento entre ambas cepas (Fig. 3). Estos aislamientos fueron resultado de las cámaras húmedas hechas de los fragmentos de raíces descritos anteriormente de *E. coralloides*.

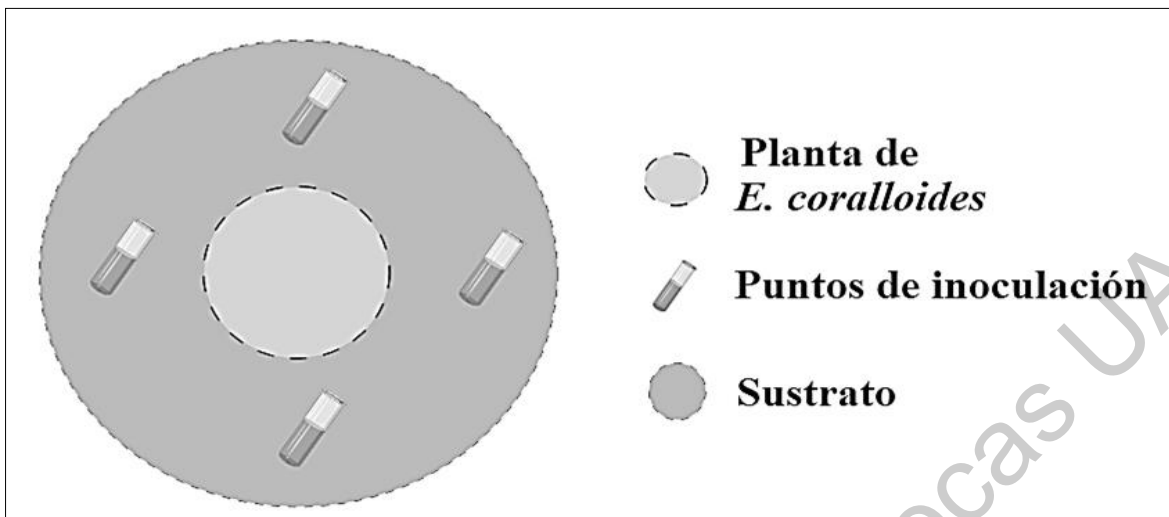


c) Fig. 3.

Cepas de *Fusarium* asociadas a raíces de *E. coralloides* 7. a) cepa 1 C1-HH, b) estructuras de *Fusarium*, c) cepa 2 C2-M2.

#### 6.5. Preparación de inóculo e inoculación

De los cultivos axénicos de hongos en cajas Petri se prepararon suspensiones, para ello se vertieron 15 mL de Tween 20 al 1% de concentración en cada placa y se dejaron por 15 minutos. En un tubo Falcon®, se recuperó la suspensión hasta obtener 50 mL, con agua destilada estéril. Para calcular la concentración de conidios en la suspensión se hizo un conteo en cámara de Neubauer. Se inoculó el sustrato a cada una de las plantas establecidas con la solución preparada del inóculo del hongo al  $1 \times 10^6$  de UFC en cuatro puntos, correspondientes a los puntos cardinales (Fig. 4).



**Figura 4. Puntos de inoculación en el sustrato de *E. coralloides* (Basado en Biorender, 2019).**

## **6. 6. Material vegetal de *E. coralloides* para inocular**

### **6.6.1. Colecta, germinación y trasplante de semillas**

Se colectaron semillas de *E. coralloides* durante los meses junio-agosto del año 2018 en el Campus Aeropuerto de la Universidad Autónoma de Querétaro (20°37'30.87"N, 100°22'15.54"O, 1975 msnm).

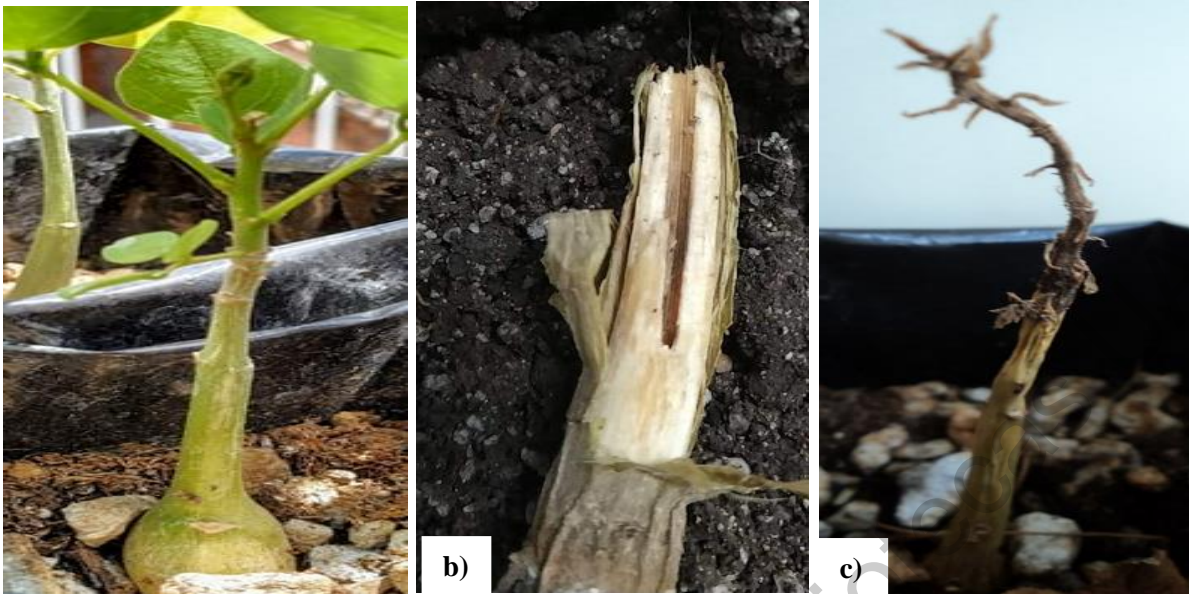
Las semillas recolectadas se desinfectaron con cloro en una dilución de 75% agua y 25% cloro durante cinco minutos; como método de escarificación las semillas se pusieron en remojo, con agua a temperatura ambiente durante 24 h. Transcurrido el tiempo se colocaron servilletas de papel humedecidas dentro de una charola de germinación con riegos de agua corriente cada tercer día (Malda *et al.*, 2009). El trasplante se hizo a los siete días después de emerger los cotiledones y la radícula. Las plántulas se trasplantaron a bolsas de polietileno con sustrato previamente desinfectado y esterilizado en autoclave (15 lb a 120 °C por 20 min). El sustrato utilizado se compuso en partes iguales 1:1 de peat-moss comercial y piedra pómez.

### **6.6.2. Riego**

Durante los primeros 30 días de aclimatación después del trasplante las plántulas de *E. coralloides*, se regaron tres veces a la semana con agua potable y se dejaron bajo condiciones de cielo abierto, concluido el lapso de tiempo fueron inoculadas como fue descrito anteriormente. Posterior al día 30 de haber trasplantado las plántulas de *E. coralloides* el riego fue modificado durante el periodo de monitoreo (60 días), se regaron únicamente dos veces por semana; los riegos consistieron en dos tratamientos 1) sin solución nutritiva (solo agua potable) y 2) con solución nutritiva.

### **6.6.3. Monitoreo de plantas inoculadas**

Se monitorearon diariamente, por sesenta días, la presencia o ausencia de: 1) pudrición del tallo principal (Fig. 5. b.) y 2) muerte de la planta. El registro de cualquiera de los dos se tomó como presencia de la enfermedad en la planta. Adicionalmente, dos veces por semana, se midió la altura de las plantas, como referencia basal se tomó la cicatrización del tejido al desecarse el endospermo (Fig. 5a.); se midió el diámetro a la altura de la base (DAB) con la misma referencia basal utilizada al medir la altura (Fig. 5a.) y se registró cuantas plantas sobrevivían en cada tratamiento. Al finalizar el experimento, se pesó la biomasa de las plántulas y contaron el número total de hojas por plántula.



**Figura 5. Monitoreo de plantas. a) cicatrización del endospermo (flecha roja), b) pudrición de tallo, c) muerte de planta**

#### **6.6.4. Diseño experimental y análisis estadístico**

El diseño experimental en este trabajo fue en bloques al azar con estructura factorial. En total 72 plantas de *E. coralloides* se distribuyeron en dos bloques 1) Bloque con riegos sin solución nutritiva (agua potable) y 2) Bloque con riegos de solución nutritiva; ambos fueron regados dos veces por semana. Las 72 plantas fueron repartidas en partes iguales para obtener dos tratamientos por bloque. Los tratamientos consistieron en inocular independientemente dos cepas con diferentes características morfológicas de *Fusarium* sp. aisladas previamente: 1) Inoculación con *Fusarium* cepa 1; y 2) Inoculación con *Fusarium* cepa 2 (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Diseño experimental. Inoculación y riego de plántulas.**

| Cepa / Tratamiento | Riego convencional | Riego con solución nutritiva |
|--------------------|--------------------|------------------------------|
| CNTRL              | 12 plántulas       | 12 plántulas                 |
| Cepa 1             | 12 plántulas       | 12 plántulas                 |
| Cepa 2             | 12 plántulas       | 12 plántulas                 |

Cada tratamiento contó con doce plantas, es decir que hubo 36 plantas por tratamiento: doce plantas para el control, doce plantas para la cepa 1 y doce plantas para la cepa 2. Para analizar los datos obtenidos se hicieron ANOVA de una vía y análisis de Tukey-Kramer para conocer si había diferencias entre el peso fresco y número de hojas entre cepas por tratamientos (c/SN y s/SN) y se hicieron análisis MANOVA de medidas repetidas para los datos obtenidos de mediciones semanales, altura y DAB, con el programa JMP versión 5.0.1. La reacción de la inoculación (Cuadro 2) fue determinada con base en la escala visual de daño creada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1897, citado en Sánchez *et al.*, 2006).

**Cuadro 2. Criterios de consideración para la severidad y la incidencia en *E. coralloides* por fusariosis.**

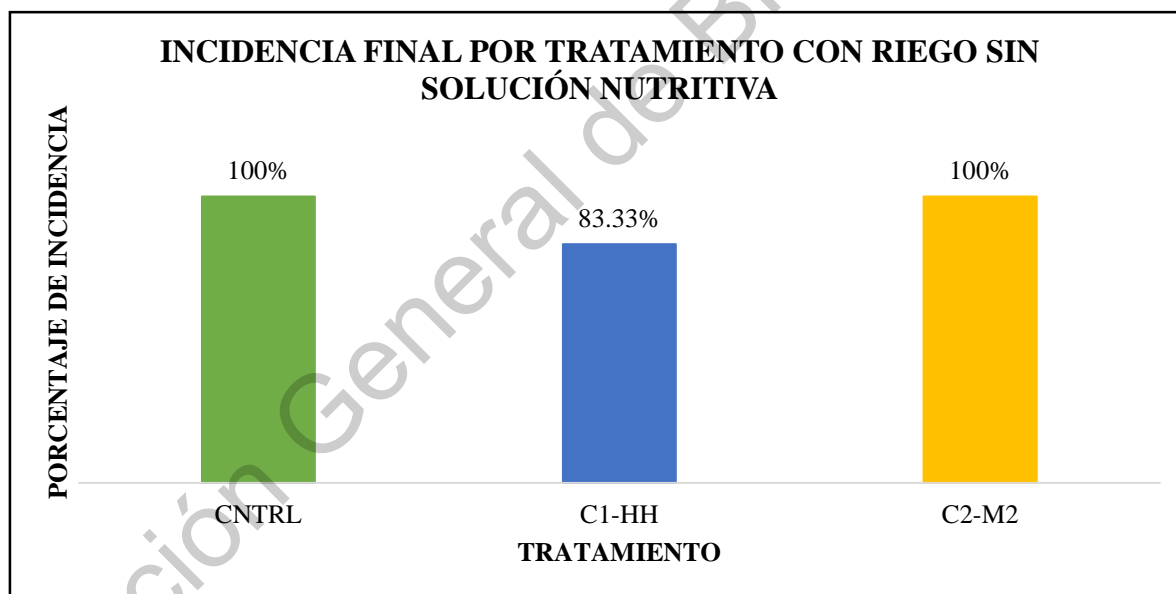
| VALORES | SIGNO   | % DE DAÑO<br>EN LA PLANTA |
|---------|---|---------------------------|
| 0       | Planta saludable, sin síntomas apreciables  | 0%                        |
| 1       | Presencia de alguna mancha(s) de tonalidades café claro a oscuro en el tallo o base del tallo | 1-25%                     |

|   |  |         |
|---|--|---------|
| 2 | Comienzo descendente de muerte en la parte apical  | 26-50%  |
| 3 | Reblandecimiento, constricción del tallo principal | 51-75%  |
| 4 | Punto de no retorno. Muerte de la planta           | 76-100% |

## 7. Resultados

### 7.1. Incidencia en los tratamientos

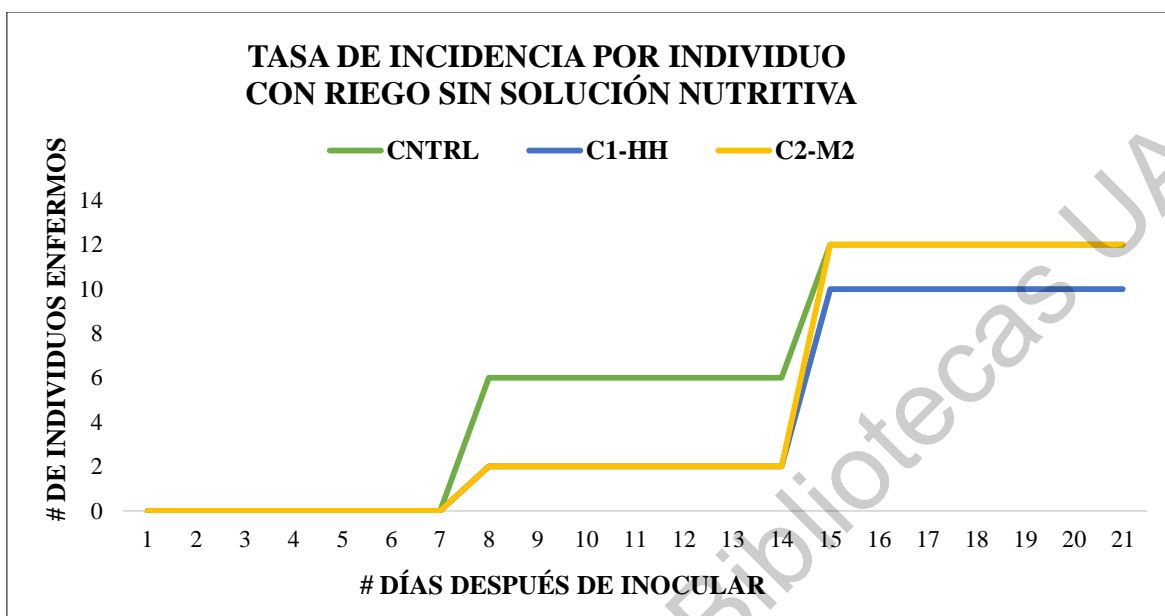
El porcentaje de casos de infección obtenido al final del muestreo de las plantas con riego sin solución nutritiva fue del 100% (12 plantas) para CNTRL y la cepa C2-M2; en cambio para la cepa C1-HH se registró un porcentaje de incidencia del 83.33% (10 plantas) (Fig. 6). La primera incidencia registrada en el tratamiento de riego sin solución nutritiva fue a los ocho días después de inocular (ddi) en todos los tratamientos, CNTRL y ambas cepas C1-HH y C2-M2.



**Figura 6. Porcentaje final de plantas afectadas por la inoculación de cepas de *Fusarium*, con riego sin solución nutritiva.**

La incidencia inicial se presentó como marchitez del meristema apical en diez (CNTRL) seis (C1-HH) y dos (C2-M2) plantas por tratamiento. A los quince ddi se registraron las incidencias finales, antes mencionadas, por tratamiento (Fig.7). El porcentaje

de incidencia obtenido del riego no convencional fue de cero por ciento para todos los tratamientos (CNTRL, C1-HH, Y C2-M2) durante los 60 días de monitoreo del experimento.



**Figura 7. Tasa de incidencia del tratamiento con riego sin solución nutritiva.**

## 7.2. Mortalidad y sobrevivencia de las plántulas inoculadas

Durante el periodo de muestreo se registraron en el tratamiento de riego convencional todos los síntomas de la enfermedad en *E. coralloides*: necrosis apical, debilitamiento progresivo del tallo principal y muerte de la planta (cuadro 1.) (Fig. 5). Al final del periodo de observación se contabilizaron 11 muertes de plantas del grupo CNTRL (91.66%), 9 muertes en el grupo de plantas inoculadas con la cepa C1-HH (75%), y 10 muertes en el grupo inoculado con la cepa C2-M2 (83.33%) del tratamiento con riego convencional. Mientras que, en el tratamiento con riego no convencional, se registró una tasa de mortalidad del cero por ciento entre los tres grupos de plantas CNTRL, C1-HH y C2-M2, durante los noventa días de monitoreo; es decir que ninguna de las 12 plantas de los tres diferentes tratamientos murió durante el periodo de monitoreo.

### 7.3. Desarrollo de *E. coralloides*

#### 7.3.1. Peso fresco total

El resultado del análisis Tukey-Kramer, al medir el peso fresco total de las plantas, demuestra que no hubo diferencias significativas entre el peso de la biomasa al comparar los grupos de plantas (CNTRL, C1-HH y C2-M2) con el mismo tipo de riego (riego convencional o riego no convencional). Sin embargo, al comparar los mismos grupos con diferente tipo de riego y realizar el análisis de Tukey-Kramer ( $P < 0.05$ ), se demuestra un aumento de 13.665 grs en el peso de la biomasa total promedio del grupo de plantas regadas con solución nutritiva (riego no convencional) respecto a los que se regaron sin solución nutritiva (convencionalmente). El valor más alto, respecto a la biomasa total, para el tratamiento de riego C/SN fue de 21.25 grs. Por otro lado, el valor más alto de biomasa pesada del tratamiento de riego S/SN fue de 4.45 grs (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Peso fresco final de *E. coralloides* por tratamiento**

| PESO FRESCO POR TRATAMIENTO |                                    |                                    |                               |
|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| TRATAMIENTO                 | Análisis de varianza<br>VALOR DE P | Promedio de medias<br>Tukey-Kramer | CHI CUADRADA<br>ChSq ( Prob>) |
| C/SN Control                | 0.001                              | 21.250 A                           | 15.972 (0.001)                |
| S/SN Control                |                                    | 3.441 B                            |                               |
| C/SN C1                     | 0.0114                             | 15.955 A                           | 5.750 (0.0165)                |
| S/SN C1                     |                                    | 4.441 B                            |                               |
| C/SN C2                     | 0.0007                             | 16.150 A                           | 7.881 (0.0050)                |
| S/SN C2                     |                                    | 4.458 B                            |                               |

C/SN= Con solución nutritiva S/SN= Sin solución nutritiva

Tratamientos con letras diferentes son estadísticamente diferentes



### 7.3.2. Número de hojas

El resultado de contabilizar el número de hojas con base en el análisis de Tukey-Kramer ( $P < 0.05$ ) demostró que no hubo diferencias significativas entre el número de hojas al comparar los grupos de plantas (CNTRL, C1-HH y C2-M2) con el mismo tipo de riego. Sin embargo, al comparar los mismos tratamientos con diferente tipo de riego (c/SN y s/SN) existen diferencias significativas entre los grupos y la media final del número de hojas. El valor más alto para el tratamiento de riego c/SN fue de 24.16 hojas perteneciente al CNTRL y para el tratamiento s/SN de 10.08 hojas perteneciente a la cepa C2-M2 (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Número de hojas final de *E. coralloides* por tratamiento**

| NÚMERO DE HOJAS POR TRATAMIENTO |                                    |                                    |                               |
|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| TRATAMIENTO                     | Análisis de varianza<br>VALOR DE P | Promedio de medias<br>Tukey-Kramer | CHI CUADRADA<br>ChSq ( Prob>) |
| C/SN Control                    | 0.002                              | A 24.166                           | 10.514 (0.001)                |
| S/SN Control                    |                                    | B 5.750                            |                               |
| C/SN C1                         | 0.0469                             | A 21.333                           | 2.555 (0.010)                 |
| S/SN C1                         |                                    | B 9.666                            |                               |
| C/SN C2                         | 0.1234                             | A 20.00                            | 5.750 (0.016)                 |
| S/SN C2                         |                                    | A10.083                            |                               |

**C/SN= Con solución nutritiva S/SN= Sin solución nutritiva**  
**Tratamientos con letras diferentes son estadísticamente diferentes**

### **7.3.3. Altura**

En la altura se obtuvo un crecimiento promedio de 16.45 cm, 19.43 cm y 15.54 cm para los grupos CNTRL, C1-HH y C2-M2 respectivamente, bajo condiciones de riego c/SN; con base en el análisis de MANOVA ( $P < 0.05$ ) no se muestran diferencias significativas entre la altura final respecto a los tratamientos con las mismas condiciones de riego. Por otro lado, el tratamiento s/SN, registró un crecimiento promedio de 7.9 cm, 7.2 cm y 7.9 cm para los grupos CNTRL, C1-HH y C2-M2 respectivamente; sin embargo, con base en el análisis MANOVA ( $P < 0.05$ ) no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Al comparar, con el mismo análisis, los mismos tratamientos, bajo diferente condición de riego si se demuestra un incremento significativo respecto al crecimiento con riego c/SN contra el riego S/SN.

### **7.3.4. Medición del diámetro a la altura de la base**

Respecto al promedio final de las mediciones del DAB del riego s/SN; 1.69 cm, 1.67 cm y 1.72 cm fueron los datos obtenidos al final del experimento para el CNTRL, C1-HH, y C2-M2 respectivamente. Con base en el análisis MANOVA ( $P < 0.05$ ), no se registraron diferencias significativas entre los promedios del DAB respecto a los tratamientos. En el caso del riego c/SN, las medidas obtenidas al final del experimento fueron 7.9 cm, 7.20 cm y 9.8 cm. Con un valor de  $P > 0.05$  poner el valor de P que arrojó la prueba el análisis hecho con anterioridad no mostró diferencias significativas entre el DAB final por tratamiento terminado el experimento, respecto al riego c/SN; pero al comparar los mismos grupos con diferente tipo de riego, sí se demostraron diferencias significativas en el promedio del DAB al final del monitoreo (60 ddi).

## **8. Discusión.**

A pesar de que se inoculó *Fusarium* en el sustrato, no se descarta la posibilidad de que su asociación con la planta sea como parásito secundario debido al desbalance nutricional provocado en la planta por el tipo de riego, esto se ve reforzado por la baja mortalidad de las plantas tratadas con soluciones nutritivas. Por otro lado, aunque no se registró incidencia en el tratamiento de riego con solución nutritiva y la sobrevivencia fue del 100 %, lo cual sugiere que una estabilidad nutricional para desarrollar defensas contra el patógeno, no se descarta la presencia de *Fusarium* como un patógeno asintomático (Apodaca *et al.*, 2004; Favela *et al.*, 2006; García *et al.*, 2006).

El porcentaje no significativo de mortalidad entre cepas del tratamiento s/SN, sugiere que la virulencia de la cepa fue baja. No obstante es aconsejable desarrollar otros experimentos donde se prueben diferentes concentraciones de inóculo. Además, es necesario comparar con otras poblaciones de *E. coralloides* para descartar un fitopatógeno específico. Por otro lado, las diferencias no significativas en los porcentajes de incidencia y sobrevivencia entre las cepas han sido reportadas y algunos autores sugieren la susceptibilidad genética de las plantas inoculadas al registrar un mayor número de incidencia o sobrevivencia (Apodaca *et al.*, 2002 y Sánchez *et al.*, 2006).

Entre las interacciones que se han reportado en la relación planta-patógeno, los más estudiados son: 1) defensa por parte de la planta y defensa por parte del fitopatógeno; y 2) defensa por parte de la planta y escape del agente patógeno. Los mecanismos de defensa-ataque-defensa están relacionados con la resistencia genética y la virulencia *per se* del agente. El género *Fusarium* a pesar de tener una amplia variación en el número de clamidosporas no necesariamente se relaciona con el número por gramo de suelo (Montes-Belmont, 2009; Ordeñana, 2002).

Jiménez *et al.*, (2005), mencionan que la virulencia del género tiene una correlación con cepa la raza patogénica y/o el patotipo. Sin embargo, para futuros estudios se recomienda estudiar el efecto que otras especies tienen sobre la incidencia de la enfermedad (consorcios microbianos). Aunque varían los porcentajes dependiendo de la susceptibilidad de la especie y las condiciones abióticas se ha registrado que existe más de una especie asociada a alguna patología, por ejemplo, marchitez o pudriciones. Al ampliarse el número de microorganismos asociados a la estructura vegetal se diversifica el número de proteínas y enzimas relacionadas a mecanismos de defensa por parte de la planta como degradación de paredes celulares o metabolitos secundarios (Dávila-Martínez *et al.*, 2016; García *et al.*, 2012 y González *et al.*, 2009).

La nutrición de la planta por medio de riego con solución aumentó significativamente el desarrollo de *E. coralloides* en variables como número de hojas, peso fresco, altura y DAB, lo cual se sugiere como método alternativo de cultivo en la producción en vivero. Esto además aumentará sus probabilidades de sobrevivencia en campo. La adecuada absorción de nutrientes promovió el desarrollo de moléculas que forman la base de células estructurales indispensables para la defensa contra patógenos (Favela *et al.*, 2006; Vásquez y Castaño 2017).

Probar con diferentes sustratos la incidencia de *Fusarium* en la germinación y desarrollo de plántulas de *E. coralloides* García *et al.*, (2017), reportaron la disminución en la incidencia de *Fusarium circinatum* en semilleros de *Pinus greggii* con la combinación 60:20:20 de aserrín, corteza de pino y turba de musgo. Sin embargo, su costo y la disponibilidad en el mercado deben ser tomados en cuenta. Caber resaltar que de varios sustratos alternativos aún falta conocer sus propiedades físicas y químicas y como éstas

pueden beneficiar o perjudicar el aumento en la incidencia de enfermedades (Quintero *et al.*, 2013), o afectar la disposición de nutrientes para la planta.

La baja incidencia en el tratamiento de riego con solución nutritiva, en adición con la desinfección previa del sustrato, esterilización por autoclave, sugieren que son una opción de manejos culturales preventivos para disminuir la incidencia y muerte de plantas de *E. coralloides*. El adecuado manejo de sustratos en el vivero es de vital importancia para disminuir la incidencia de *Fusarium* en plantas cultivadas. Solano y Bonilla (2012), reportaron una diferencia significativa en el método de solarización contra la desinfección con dos tipos funguicidas. La solarización es un método similar de desinfección al utilizado en este experimento; ambos tienen por objetivo a través de un proceso de shock térmico disminuir las condiciones para que los organismos y patógenos proliferen, por lo cual se aconseja investigar su utilización como método preventivo.

Una fertilización equilibrada es indispensable para la disminución de *Fusarium*, debido a que permite un balance entre el metabolismo secundario y el crecimiento. El metabolismo secundario permite desarrollar sustancias químicas como estrategias de defensa contra los patógenos, por ejemplo resinas y lignina para el engrosamiento de las paredes celulares, lo cual dificulta la degradación de paredes celulares a hongos patógenos como *Fusarium* (Herm y Mattson, 1992 en Vivas *et al.*, 2009). Por lo anterior, se propone el riego con soluciones hidropónicas como un método alternativo eficaz en contra de la incidencia de *Fusarium* en las plántulas de *E. coralloides*, con base en una tasa de incidencia del cero por ciento en las plantas bajo este tratamiento. Aunque es necesario seguir investigando como cada compuesto químico afecta el desarrollo de *E. coralloides* para adaptar la solución nutritiva a los elementos disponibles en las poblaciones naturales de la especie (Robles *et al.*, 2000).

Existen diversos microorganismos en la rizósfera que promueven el desarrollo del crecimiento, biomasa aérea y radicular debido a la producción de sustancias químicas asimilables por las plantas. Tomando en cuenta que para que un hongo sea fitopatógeno debe contar con al menos cuatro características: 1) Producir sustancias (tóxicas) que interfieran con el metabolismo; 2) Producir enzimas que degraden la pared celular; 3) Producir y/o liberar sustancias que impidan un desarrollo normal del crecimiento y desarrollo; y 4) Interferir con los movimientos de agua, nutrientes y otros elementos dentro de la planta (Llácer *et al.*, 2000 en Valencia, 2009). Con lo anterior se sugiere que las diferencias entre la altura promedio final entre las plántulas inoculadas y el control del tratamiento sin solución nutritiva podrían deberse a metabolitos secundarios de promoción del crecimiento.

Los hongos fitopatógenos y otros organismos a pesar de ser parásitos obligados de las plantas no inhiben sus procesos metabólicos, de esto, resulta la producción de diferentes compuestos entre ellos los metabolitos secundarios, los cuales son una herramienta de sobrevivencia. Directa o indirectamente estos compuestos tienen una influencia en los otros organismos; por ejemplo algunos hongos fitopatógenos producen sustancias que estimulan el crecimiento de las plantas (Kloepper *et al.*, 2004; Petit, 2010). Meneses (2003), indica que al utilizar cepas no virulentas de *Fusarium* como biocontrol para disminuir la incidencia de un nematodo fitopatógeno en plantas de *Musa paradisiaca*, registró un aumento significativo en el desarrollo y crecimiento de plantas inoculadas (además de la reducción en la incidencia de nematodos).

## 9. Conclusiones

- Durante el monitoreo de las plántulas de *E. coralloides* inoculadas se determinó que, la sobrevivencia está relacionada significativamente con el estrés nutricional de la planta, incrementando la muerte y pudrición de individuos por *Fusarium*.
- Aún falta estudiar la presencia de otros organismos patógenos y su interacción como un posible consorcio microbiano en los casos de pudrición y muerte en plántulas de *E. coralloides*. En este caso se sugiere que *Fusarium* actúa como agente oportunista ante el desequilibrio nutricional.
- El método utilizado en este estudio, la irrigación con solución nutritiva, se propone como una alternativa para reducir la pudrición y muerte de plántulas de *E. coralloides*, debido a la disminución de casos de infección, aumento en la biomasa y crecimiento de la planta.
- El uso de soluciones nutritivas en la propagación de plantas nativas en viveros de México puede ser una alternativa para prevenir el uso de suelos contaminados por *Fusarium*.

## Literatura citada.

- Agrios G. 2005. Plant Pathology. (5th ed.) Published Elsevier. United States of America. 948 P.
- Apodaca M. A., Zavaleta E., Osada S., García R., & Valenzuela J.G. 2004. Hospedantes asintomáticos de *Fusarium oxysporum* Schlechtend. f. sp. *radicis-lycopersici* W.R. Jarvis y Shoemaker en Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología, 22 (1), 7-13.
- Baltazar J. O., Martínez M., & Hernández L. 2004. Guía de plantas comunes del parque nacional El Cimatario y sus alrededores Querétaro, Qro., México. pp. 46.
- Barnett H.L., & Hunter B.B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. 4<sup>th</sup> edition. American Phytopathological Society Press. St. Paul Minnesota, USA. Espiral. 240 p.
- Benítez G., Equihua M. & Pulido M. T. 2002. Diagnóstico de la situación de los viveros oficiales de Veracruz y su papel para apoyar programas de reforestación y restauración. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 8 (1), 5-12. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62980101>.
- Bonfil C. & Trejo I. 2010. Plant Propagation and the Ecological Restoration of Mexican Tropical Deciduous Forests. Ecological Restoration, 28(3), 369-376. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/43443269>.
- Dávila A., Herrera L., Folgueras M. & Espinosa E. 2016. Patogenicidad de especies fúngicas presentes en los rizomas de malanga (*Xanthosoma* y *Colocasia*). Centro Agrícola, 43(2), 49-58. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852016000200007&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852016000200007&lng=es&tlng=es).
- Diario Oficial de la Federación. 2019. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. México 28 de enero de 1988. Recuperado el 29 de enero de, de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148\\_050618.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf).
- Favela E., Preciado P. & Benavides A. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México. Departamento de Horticultura. 15-32.
- FIQMA. 2015. Fideicomiso para la conservación del medio ambiente. Revista *FIQMANET* 1
- García C., Palmero D., De Cara M., Cruz A. & Jaén M. G. 2012. Microbiota asociada a la enfermedad de la punta negra del trigo duro. Efectos del riego, el abonado nitrogenado y la variedad cultivada en la incidencia de la enfermedad. ITEA, 108(3) 343-356.
- García S. E., Aldrete A., Alvarado D., Cibrián D., Méndez J. T., Valdovinos G. & Equihua A. 2017. Efecto de *Fusarium circinatum* en la germinación y crecimiento de plántulas de *Pinus greggii* en tres sustratos. Agrociencia, 51(8), 895-908. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-319520170008000895&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-319520170008000895&lng=es&tlng=es).
- GBIF Backbone Taxonomy. 2017. *Erythrina coralloides* Moc. & Sesse ex DC. GBIF Secretariat Checklist dataset accessed via GBIF.org. Recuperado en: <https://doi.org/10.15468/39omei> on 2019-02-12.
- González I., Arias Y. & Peteira B. 2009. Interacción planta-bacterias fitopatógenas: caso de estudio *Ralstonia solanacearum*- plantas hospedantes. Revista de Protección Vegetal, 24(2), 69-80. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522009000200001&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522009000200001&lng=es&tlng=es).
- Huber D., Römheld V., & Weinmann M. 2012. Relationship between Nutrition, Plant Diseases and Pests. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (3rd Edition). 283-298. Academic Press. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123849052000108>.



- Jiménez M. M., Navas J. A., & Jiménez R. M. 2005. Evolución de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, el agente de la Fusariosis vascular del garbanzo, en razas patogénicas y patotipos. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 31, 59-69.
- Kloepper J.W., Ryu C.M., & Zhang S. 2004. Symposium The Nature and Application of Biocontrol Microbes: *Bacillus* spp. Induced Systemic Resistance and Promotion of Plant Growth by *Bacillus* spp. Vol. 94, (11) 1259-1266.
- Malda G., Jiménez P. R., & Martínez M. 2009. Plantas del Parque Nacional del Cimatario aptas para la reforestación y diseño de áreas verdes. Págs. 29-30. Querétaro, Qro., México.
- Martínez M. A. 1984. Medical plants used in a totonac community of the sierra norte de Puebla: Tuzamapan de Galeana, Puebla, México. Journal of Ethnopharmacology, 11(20): 203-221. doi:10.1016/0378-8741(84)9039-4.
- Meneses A. 2003. Utilización de hongos endofíticos provenientes del banano orgánico para el control biológico del nematodo barrenador *Radopholus similis* Cobb, Thorne. Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica.
- Micheli J. 2002. Política ambiental en México y su dimensión regional. *Región y sociedad*. 14(23), 129-170. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-39252002000100005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252002000100005&lng=es&tlng=es).
- Monroy R. & Ayala I. 2003. Importancia del conocimiento Etnobotánico frente al proceso de urbanización. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. *Etnobiología* 3, 79-92. Recuperado de: <http://www.asociacionetnobiologica.org.mx/mx2/administrator/Rev.%20socios/Rev%203%20Art%206.pdf>.
- Montes R. 2009. Diversidad de compuestos químicos producidos por las plantas contra hongos fitopatógenos. *Revista mexicana de micología*, 29, 73-82. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-31802009000100010&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000100010&lng=es&tlng=es).
- Moreno V., Castillo O., Gama L., Zavala J. & Ortiz J.A. 2017. Relación de vegetación ribereña y propiedades del suelo en un afluente del río Tacotalpa, Tabasco, México. *Madera y bosques* 23, (1), 91-109. Recuperado de doi:10.21829/myb.2017.231510.
- Neill, D. A. 1988. Experimental studies on species relationships in *Erythrina* (Leguminosae: Papilionoideae). *Annals of Missouri Botanical Garden* 75, 886-969.
- Nelson, P. E. 1981. Fungal Wilt Diseases of Plant: Life Cycle and Epidemiology of *Fusarium oxysporum*. Academic Press. 51-80. Recuperado de: doi:10.1016/b978-0-12-464450-2.50008-5.
- Ordeñana, K. M. 2002. Mecanismos de defensa en las interacciones planta-patógeno. *Revista Manejo Integrado de Plagas*. Costa Rica, 63, 22-32. Recuperado de: <http://www.sidalc.net/REPOC/A2097E/A2097E.PDF>.
- Orozco G., Muñoz H., Rueda A., Sígala J.A., Prieto J.A. & García J. 2019. Diagnóstico de la calidad de planta en los viveros forestales del estado de colima. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 1(2), 134-144. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v1n2/v1n2a11.pdf>.
- Pérez J. 2010. La política ambiental en México: Gestión e instrumentos económicos. *El Cotidiano*, 162, 91-97. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32513882011>.
- Petit R. K. 2010. Minireview: Small-molecule elicitation of microbial secondary metabolites. *Microbial Biotechnology* 4(4), 471-478. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3815259/pdf/mbt0004-0471.pdf>.

- Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro. 2009. Ley de Protección Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro. Sombra de Arteaga, 30 de julio de 2009. Recuperado de:  
[https://huimilpan.gob.mx/transparencia2\\_0/FINormatividad/ESTATAL/LEY%20DE%20P%20ROTECCION%20AMBIENTAL%20PARA%20EL%20DESARROLLO%20SUSTENTABLE%20DEL%20ESTADO%20DE%20QRO.pdf](https://huimilpan.gob.mx/transparencia2_0/FINormatividad/ESTATAL/LEY%20DE%20P%20ROTECCION%20AMBIENTAL%20PARA%20EL%20DESARROLLO%20SUSTENTABLE%20DEL%20ESTADO%20DE%20QRO.pdf).
- Quillay N. 2011. Determinación de la capacidad embriogénica de babaco (*Vasconcellea x heilbornii*) a partir de óvulos y hojas multiplicadas in vitro vía embriogénesis somática. Tesis de Magister en Gestión de la Producción de Flores y Frutas Andinas para Exportación. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 114 p.
- Quintero C., M., Guzmán P., J., & Valenzuela, J. 2013. Evaluación de sustratos alternativos para el cultivo de miniclavel (*Dianthus caryophyllus* L.). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 6(1), 76-87. Recuperado de: <https://doi.org/10.17584/rcch.2012v6i1.1281>.
- Reygadas D., Rodríguez J.M. & López J.C. 1997. La reforestación rural en México. CONABIO. Biodiversitas, 11, 8-10.
- Robles A., Gómez R., Macas F., Sánchez A. & Torres R. 2014. Estudio de la patogenicidad de aislados de *Fusarium* spp., asociados a la marchitez vascular del babaco en Loja, Ecuador. Centro de Biotecnología, 3 (1).
- Robredo P., Quiroga M. & Echazú R. 2000. Análisis comparativo de soluciones nutritivas en cultivos hidropónicos en invernadero. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente; 4, 13-18. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/78971>.
- Sánchez B. M., González F., Pons J. L., Acosta J. A., Cabral M., Fraire S., Simpson J. & Rodríguez R. 2006. *Fusarium Lateritium*: Nuevo Patógeno De La Raíz Del Frijol En México. Agricultura Técnica en México, 32(3), 251-257. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v32n3/v32n3a1.pdf>.
- Sánchez B., González F., Pons J., Acosta J., Cabral M., Fraire S., Simpson J. & Rodríguez R. 2006. *Fusarium lateritium*: Nuevo patógeno de la raíz del frijol en México. Agricultura Técnica en México 32 (3), 251-257.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-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. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134778/35.-\\_NORMA\\_OFICIAL\\_MEXICANA\\_NOM-059-SEMARNAT-2010.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134778/35.-_NORMA_OFICIAL_MEXICANA_NOM-059-SEMARNAT-2010.pdf).
- Solano M., & Brenes D. 2012. Evaluación de métodos de curación de sustratos para la prevención del mal de talluelo. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 9(22), 63-65. Recuperado de: <https://doi.org/10.18845/rfmk.v9i22.365>.
- Uribe M. 2017. Monitoreo de plagas y enfermedades en el área de producción de FIQMA. Manual no publicado. Universidad Autónoma de Querétaro. Licenciatura en Horticultura ambiental Querétaro, Querétaro. México.
- Valencia M. F. 2009. Caracterización enzimática de cepas de *Fusarium* aisladas de lesiones de animales, humanos y plantas (Tesis de Licenciatura). Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Colombia. Recuperado de: <https://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis224.pdf>.
- Vásquez-Ramírez, L.M.; Castaño-Zapata, J. 2017. Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate [*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: una revisión. Rev. U.D.C.A Act & Div. Cient. 20(2), 363-374.

- Velasco V. A. 1999. Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. *Terra Latinoamericana*, 17 (3), 193-200. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317303>.
- Villa A. (coord.). SEMARNAT. 2017. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Lineamientos hacia la sustentabilidad urbana, México. Recuperado de: [https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/2\\_NE\\_Autores\\_2017.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/2_NE_Autores_2017.pdf).
- Vivas M., Vrhovnik, M. & Solla, A. 2009. Fertilización de plántulas de *Pinus pinaster* y su efecto en la susceptibilidad a *Fusarium circinatum*. Tesis de maestría. Instituto Universitario de Investigación. Madrid, España. Recuperado de: [http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Resumen%20trabajo%20master\\_MVivas.pdf](http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Resumen%20trabajo%20master_MVivas.pdf).

Dirección General de Bibliotecas UAQ