

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



CONTROL BIOLÓGICO DEL MUÉRDAGO *Phoradendron* spp POR HONGOS
FITOPATÓGENOS

Tesis

Que presenta MARÍA PAZ PONCE

como requisito parcial para obtener el grado de
DOCTOR EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2022

CONTROL BIOLÓGICO DEL MUÉRDAGO *Phoradendron* spp POR
HONGOS FITOPATÓGENOS

Tesis

Elaborada por MARÍA PAZ PONCE como requisito parcial
para obtener el Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA
AGRÍCOLA con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Sergio René Sánchez Peña

Asesor Principal



Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza

Asesor



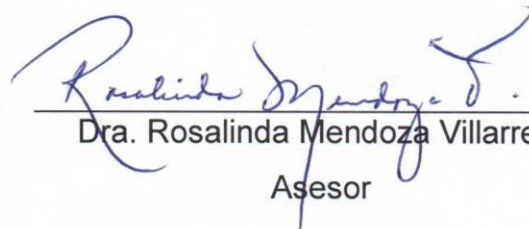
Dr. Alberto Flores Olivas

Asesor



Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla

Asesor



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

Asesor



Dr. Antonio Flores Naveda

Subdirector de Postgrado

UAAAN

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por el financiamiento económico para lograr la realización de la presente tesis.

Mi agradecimiento eterno para mi asesor, el Dr. Sergio René Sánchez Peña, gracias por estar siempre pendiente de mi trabajo de tesis y apoyarme tanto en campo como en laboratorio.

A la Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza, por su apoyo incondicional en la tesis, que desde que empecé el doctorado me apoyó en el anteproyecto, gracias por ser mi amiga y confidente y por su paciencia en la revisión de los artículos y su ayuda siempre constante con disposición y alegría.

Al Dr. Alberto Flores Olivas por apoyarme desde el inicio, en los análisis moleculares, por prestarme su laboratorio y su paciencia en las clases que nos impartió, gracias doctor por toda su enseñanza.

Al Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla, por haber identificado los ejemplares vegetales, gracias por toda su ayuda y asesoría que tan amablemente me brindó.

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal por apoyarme siempre en lo del artículo y enseñarme algo realmente nuevo para mí, como lo fue los metabolitos secundarios del muérdago, gracias realmente por su ayuda constante y disposición.

Agradezco a la Dra. Alejandra Rocha Estrada, de la Universidad Autónoma de Nuevo León por su asesoría en la realización de mi estancia doctoral y su incondicional ayuda y amistad; igualmente quiero agradecerle al Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez y al Dr. Marco Antonio Guzmán Lucio por su ayuda siempre desinteresada y su apoyo constante, y en especial a éste último, le agradezco haberme permitido dar una plática en su clase de Gimnospermas.

Dedicatoria

A Dios Padre Todopoderoso

Por darme la vida, la salud y una familia bella, gracias por la oportunidad de realizar un postgrado y concluirlo a pesar de haber pasado dos años encerrada por la pandemia de covid 19, por todas las personas que has puesto en mi camino, que sin ellas no habría salido airosa de las tristezas y alegrías que viví en el doctorado.

A Don Antonio Narro

Gracias por haber tenido esa visión a futuro y regalar su hacienda para crear tan bella universidad, la cual da fruto cada año. Gracias y mi sincero respeto y admiración, allá, donde quiera que se encuentre reciba esta oración que como guirnalda de luz cae sobre usted, y sobre todos los que como usted han sido.

A mis Padres

Alfonso Paz Hernández (finado) y Luz María Ponce Ceballos, con todo mi amor, por darme la vida y enseñarme a vivir, y seguir conmigo, mi eterno agradecimiento.

A mis hermanos

Luz Angélica, Alfonso, Miguel, Jorge, Adriana, Samuel y Ada Margarita por ese amor y apoyo incondicional que, junto con mis cuñados, cuñadas, sobrinos y ahora nieto Aleck me han dado siempre y en todo momento.

A mi esposo e hijos

Oscar Guajardo Ríos, Isaac, Bertha y Jesús Guajardo Paz por ser la pieza fundamental en mi mundo de amor, por sus palabras de motivación, gracias por su paciencia en mis múltiples estados de ánimo que pase durante todo este tiempo de estancia doctoral.

A todas y cada una de las personas que contribuyeron en mis estudios y en la culminación de ellos con la presente investigación: Muchas gracias.

Cartas de aceptación de los Artículos

Artículo Publicado

Fwd: manuscript 3472 reviewed by SW Entomologist

Mark S. Herdez <ssherdez@gmail.com>

Adjuntos

sáb, 20 ago, 10:20

----- Forwarded message -----

De: Bonnie Pendleton <swentomologist@gmail.com>

Date: sáb., 20 de agosto de 2022 8:35 a. m.

Subject: re: manuscript 3472 reviewed by SW Entomologist

To: Mark S. Herdez <ssherdez@gmail.com>, Bonnie Pendleton <SWEntomologist@gmail.com>

Your manuscript SWE #3472 was reviewed and after revision will be accepted for publication by Southwestern Entomologist. Attached are the editorial suggestions and review. Click on Review, Track Changes, and All Markup to review the changes suggested in the document. Please e-mail me another version of your manuscript after you have finished making changes. Notice that your manuscript already is tentatively set up for printing, so please try not to change the layout or formatting very much. Let me know if you have questions.

Please complete the pre-order form attached and return it to me.

Thank you very much for publishing in Southwestern Entomologist.

Bonnie Pendleton, Ph.D.

Editor of Southwestern Entomologist

E-mail: SWEntomologist@gmail.com

Fwd: [MYB] 2551 Acuse de recibo de envío

Artículo Enviado

Sergio Sánchez

vie, 28 oct, 16:24 (hace 3 días)

----- Forwarded message -----

From: <madera.bosques@inecol.mx>

Date: Fri, Oct 28, 2022 at 4:16 PM

Subject: [MYB] 2551 Acuse de recibo de envío

To: SERGIO SANCHEZ-PEÑA <SANCHEZCHECO@gmail.com>

Apreciable SERGIO SANCHEZ-PEÑA:

En nombre del Comité Editorial de la Revista Madera y Bosques acuso recibo de su manuscrito con el título "Evaluación de la aplicación de *Alternaria alternata* sobre muérdago e histología de tejido sano e infectado", para su revisión y posible publicación en la misma.

Es importante que tenga en cuenta que, a partir del año 2022, el formato de citas y referencias de Madera y Bosques se actualiza a la 7a edición de APA. Por esta razón, en caso de aceptarse el manuscrito para su publicación, los autores deberán actualizar el formato de citas y referencias en la versión corregida que envíen como respuesta al dictamen.

Con nuestro sistema de gestión de revistas en línea, podrá iniciar sesión en el sitio web de la revista y hacer un seguimiento del progreso del proceso editorial:

URL del manuscrito:

<https://myb.ojs.inecol.mx/index.php/myb/authorDashboard/submission/2551>

Nombre de usuario/a:

Si requiere información sobre el uso de la plataforma, no dude en contactarme. Agradecemos su interés y el de sus coautores por publicar los resultados de sus investigaciones en Madera y Bosques.

Con un atento saludo,

Dr. Raymundo Dávalos Sotelo

Índice General

Agradecimientos	iii
Dedicatoria	iv
Carta de aceptación de los Artículos	v
Introducción	1
Importancia del estudio.....	1
Planteamiento del problema	2
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos	3
Hipótesis.....	4
Revisión de Literatura	5
Qué son los muérdagos.....	5
Presencia de plantas parásitas en el Mundo.	5
Tipos de muérdagos	5
Qué hacen	5
Familia Santalaceae	5
Taxonomía	6
Descripción.....	6
Biología floral.....	6
Distribución y hábitat	6
Especies en México	7
Importancia.....	7
Género <i>Phoradendron</i>	10
Características.....	10
Distribución	10
Ecología.....	10
Descripción botánica.....	10
Fisiología de la infección de <i>Phoradendron</i>	11
Polinización y dispersión	11
Ciclo de vida	12
Artículo Uno	13

Artículo Dos..... 41
Artículo Tres..... 58
Conclusión General 62
Referencias..... 63

Introducción

Importancia del estudio

México es uno de los cinco países con mayor diversidad biológica en recursos forestales, junto con Brasil, Colombia e Indonesia y a causa de los muérdagos hay pérdidas económicas totales de 136 millones de pesos. Los muérdagos son el segundo agente biológico de perturbación después de los descortezadores en los bosques, por efecto de su parasitismo, con un 48 % de presencia contra 32% de muérdagos. (SEMARNAT, 2016).

El muérdago es una planta parásita que ataca directamente a otra planta, a través de un haustorio que es una raíz modificada que forma parte de una cadena morfológica y fisiológica entre el parásito y su hospedero. A este sistema radicular se le llama endofítico (Kuijt 1969, Watson 2001).

Los efectos que causa el muérdago en el árbol hospedero son: deformación del tallo infectado, pérdida de crecimiento, aumento en la susceptibilidad a otras enfermedades e insectos y reduce su longevidad. En los bosques y parques de recreación infestados por muérdago hay muerte severa de árboles y esto tiene efectos tanto para el ecosistema como para la economía de los encargados de estos dos rubros. (Geils y Vázquez, 2002).

Entre los árboles hospederos de muérdago en Coahuila están los pinos, encinos, Juníperos, Nogales, Mezquites y Cipreses (Cibrián et al., 2007), de éstos en la presente investigación se estudiarán: los juniperus (*Juniperus angosturana*), mezquites (*Prosopis glandulosa*) y los encinos (*Quercus pringlei* y *Quercus microphylla*). En Coahuila las especies forestales tienen una gran importancia económica y social. Los juníperos o "cedros" son utilizados en las industrias cosmética, mueblera y artesanal. Los encinos son fuente de leña, carbón y productos medicinales, y el mezquite es utilizado como alimento para ganado, principalmente caprino, y ocasionalmente consumo humano. (García, 2012). Funcionan, asimismo, como hábitat para numerosas especies vegetales, como los helechos, musgos y líquenes; sirven de alimento para la fauna silvestre y también abastecen los mantos acuíferos. (Villarreal, 2001)

El mezquite es considerado un recurso natural muy importante para las zonas áridas y semiáridas de México, ya que es utilizado como alimento para consumo humano, para ganado y otros usos como la fabricación de mangos de herramientas, parquet, duelas leña y carbón. México contaba con una superficie de 57,084,450 hectáreas de mezquite, lo cual se redujo para el 2007 a 2,018,829 hectáreas. Reducción bastante drástica por varios factores como antropomórficos, cambio de uso del suelo, incendios, plagas, enfermedades y plantas parásitas (FRA, 2010)

Juniperus es el segundo género más diverso de coníferas en el mundo, después de *Pinus* spp. que tiene alrededor de 100 especies, *Juniperus* tiene 67. Juega un papel muy importante desde el punto de vista económico, social y ecológico, se utiliza para la industria cosmética, farmacéutica, mueblera y artesanal; también se usa en el medio rural para postes o leña; además, conservación de nichos ecológicos y alimentación de la fauna silvestre (Fonseca, 2006).

Planteamiento del problema

El control de los muérdagos es un problema muy serio para la sanidad forestal, ya que desde el punto de vista normativo su control está sujeto a la NOM 011 debiendo utilizarse solo los métodos y productos químicos que marque esta norma.

A nivel local, en Arteaga en el cañón de los Lirios el género *Phoradendron bolleanum* tiene una incidencia de 93.3% en los *Cupressus arizonica* (Amaro, et al., 2013); el género *P. tomentosum* tiene una incidencia de 57% en *Quercus striatula* en el cañón de Huachichil (Ocaña, et al., 2010).

El control químico ha sido probado utilizando diferentes herbicidas como el ethephon (Quick, 1963 y Adams et al., 1993) pero ninguno de ellos lo recomienda debido a que ecológicamente pueden afectar a otras plantas del ecosistema y también por ser una aplicación costosa. Los métodos culturales discutidos por Franquel y Adams, 1989, Hawksworth y Scharpf, 1981 y Hernández 1991 se refieren a la poda del muérdago, pero este vuelve a retoñar

en poco tiempo, ya que solo se elimina la parte aérea, pero sus haustorios y semillas siguen vivas.

El control biológico, principalmente por agentes fitopatógenos, se plantea como una buena alternativa que ecológica y socialmente sería aceptada. Vázquez et al., (2006) mencionan que el muérdago es atacado por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* que causa marchitez en los tallos, además Baranyay y Khutson, (1978), reportaron a *Cylindrocarpon gillii* que le produce antracnosis. De igual forma Mark et al., (1976) mencionan a *Aureobasidium pullulans* y *Alternaria alternata* como agentes de marchitez y muerte de los tallos de muérdago.

Respecto a control biológico con artrópodos que se alimentan del muérdago, Atkinson, et al. 1985, menciona al ácaro *Pseudothysanoes* que se encuentra atacando al muérdago *Phoradendron velutinum* y el ácaro *Pitophthorus* que se encuentra atacando al género *Arceuthobium* sp.

Ante tal situación para la presente investigación se plantea lo siguiente:

Objetivo General

Evaluar el potencial del control biológico para los muérdagos *Phoradendron* spp. mediante hongos fitopatógenos.

Objetivos Específicos

- 1.- Identificar las especies de árboles y las especies de *Phoradendron* en los lugares de estudio.
- 2.-Identificar los hongos asociados a los muérdagos *Phoradendron tomentosum*, *Phoradendron densum* y *Phoradendron lanceolatum* en cuatro poblaciones de árboles.
- 3.-Determinar la patogenicidad de los hongos asociados a las tres especies de *Phoradendron* y a los árboles *in vitro*.
4. Determinar la patogenicidad de la aplicación de *Alternaria alternata* sobre el muérdago en campo.
5. Comparar la histología del muérdago sano e infectado por *Alternaria alternata* mediante microscopía óptica y electrónica de barrido.

6.-Determinar algunos insectos asociados al muérdago *Phoradendron densum*.

Hipótesis

La aplicación de al menos un hongo asociado al muérdago, fungirá como bioherbicida y tendrá un efecto negativo significativo sobre los tejidos de *Phoradendron* spp.

Revisión de Literatura

Qué son los muérdagos. Los muérdagos que pertenecen a las familias Loranthaceae y Santalaceae (antes Viscaceae) son plantas parásitas arbustivas de las coníferas más importantes de Canadá, Estados Unidos (USA) y México. Los géneros *Arceuthobium*, *Phoradendron* y *Psittacanthus* causan los mayores impactos económicos (136 millones de pesos en México y millones de dólares en USA para su control).

Presencia de plantas parásitas en el Mundo. Existen más de 2,500 especies de plantas superiores que viven como parásitas de otras plantas. Las plantas parásitas más comunes y peligrosas se encuentran en las siguientes familias y géneros: Cuscutaceae (*Cuscuta*); Muérdagos: Familias Viscaceae ahora Loranthaceae y Santalaceae (*Arceuthobium*, *Phoradendron* y *Psittacanthus*), Orobanchaceae (*Orobanche*), Scrophulariaceae (*Striga*) (Agrios, 2005; Martínez-Gordillo, 2014).

Tipos de muérdagos. Hay dos tipos: los muérdagos enanos y los muérdagos verdaderos. Los primeros son del género *Arceuthobium* y son parásitos específicos de las coníferas y los segundos parasitan árboles frutales y de ornato y entre los géneros que los representan tenemos a: *Phoradendron*, *Struthanthus*, *Psittacanthus*, *Oryctanthus*, *Cladocolea*, y *Dendrophthora* (Geils y Vázquez, 2002).

Qué hacen. Los daños que causan los muérdagos a los árboles van desde deformación del tallo infectado, formación de “escobas de bruja”, muerte descendente, disminución de crecimiento, crece la sensibilidad del árbol a contraer otras infestaciones de insectos, hongos, patógenos de raíz y escarabajos descortezadores. Además de que reduce su longevidad y capacidad reproductiva. (Geils y Vázquez, 2002).

Familia Santalaceae (antes Viscaceae)

Taxonomía. Reino: Plantae, División Magnoliophyta, Clase Magnoliopsida, Orden Santalales, familia Santalaceae, Género *Phoradendron*.

Descripción. Santalaceae es una familia de siete géneros y aproximadamente 400 especies. Se diferencia de la familia Loranthaceae por poseer una capa viscosa dentro de los haces vasculares y por sus flores prácticamente inaparentes. Los frutos se dispersan por aves o por el agua de lluvia. Son hierbas o arbustos perennes. Se fijan al hospedante mediante un haustorio que entra hasta el xilema. Los tallos son ramificados y con apariencia articulada. Las hojas son enteras sin estípulas, persistentes medianamente suculentas. La inflorescencia es sésil o con un pedúnculo pequeño rodeado por un par de brácteas. Las flores son actinomorfas y muy pequeñas, poco vistosas, sin corola y dioicas, las masculinas con disco nectarífero. El androceo se forma por 3-4 estambres opuestos a los tépalos. El gineceo es con ovario ínfero, con 3-4 carpelos uniloculados. El fruto es brillante, tiene forma de baya y posee una semilla (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2011).

Biología floral

Polinización entomófila o anemófila (Cronquist, 1981). La dispersión de la semilla es hecha por aves, las cuales al ingerir las bayas, aprovechan solo lo carnosos y eliminan la semilla envuelta por una viscosidad típica (viscina) y ésta sirve para que se queden pegadas a los troncos de los árboles. En ocasiones quedan adheridas a sus picos, y al quererse limpiar, quedan en los árboles. También ya maduros los frutos caen fácilmente sobre las ramas y así la semilla puede adherirse y germinar (Abbiatti, 1946).

Distribución y hábitat

Es una familia cosmopolita e incluye hemiparásitos y epífitos que se alimentan del huésped sobre el que se establecen, por medio de raíces modificadas llamadas haustorios (Izco, 1997).

Especies en México

Presenta 7 géneros con más de 400 especies. Entre los géneros que hay en nuestro país tenemos: *Phoradendron tomentosum* (Fig. 1) *Arceuthobium vaginatum* (Fig. 2) *Viscum* spp (Fig.3) *Cladocolea* spp (Fig.4), *Psittacanthus* spp (Fig. 5) y *Struthanthus* spp (Fig. 6).

Importancia

Esta familia es una amenaza considerable para el establecimiento de plantaciones forestales y frutales en todo el país.



Figura 1. *Phoradendron tomentosum*.- Foto de Central Texas Plants (sbs.utexas.edu).



Figura 2. *Arceuthobium vaginatum*.- Foto de Patrick Alexander de la Red de Herbarios del Noroeste de México y el Consorcio de SEINet, Herbario de la Universidad de Sonora.



Figura 3. *Viscum album*.-



Figura 4. *Cladocolea ioniceroides*.- Foto de la Universidad Autónoma de Aguascalientes: Manuel Higinio Sandoval-Ortega y María Elena Siqueiros-Delgado.



Figura 5. *Psittacanthus caniculatus*.- Foto de Eduardo Ruiz Sánchez.



Figura 6. *Struthanthus interruptus*.- Foto de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa: Jesús Rivera Tapia, Carmen de la Paz Pérez Olvera, Jorge Soriano Santos y Guillermo Laguna Hernández.

Género *Phoradendron*

Características

Este género tiene alrededor de 300 especies exclusivas del Nuevo Mundo, se ubica en el área intertropical y es el más grande y difícil desde el punto de vista taxonómico de la familia Santalaceae antes Viscaceae (Cibrián, et al., 2007).

Distribución

Se encuentra desde el centro de E.U.A. hasta América del Sur. En México se presenta casi en todos los estados, con más de 60 especies descritas (Cibrián, et al., 2007). Va desde el nivel del mar hasta 3000 m.

Ecología

Presenta menos especificidad sobre las angiospermas y se encuentran algunas especies que parasitan a las gimnospermas. El género *Phoradendron* tiene importancia ecológica y económica, ya que se encuentra en encinos, liquidámbar, citrus, juníperos, oyameles y muchos otros árboles (Cibrián, et al., 2007).

Descripción botánica

Arbustos hemiparásitos de plantas aéreas de árboles y arbustos, dioicos y monoicos; tallos por lo general ramificados, rollizos, cuadrangulares, comprimidos o aquillados, llevando a menudo catafilos escumiformes cerca de la base de las ramificaciones; hojas por lo general opuestas y decusadas, con frecuencia coriáceas o algo suculentas; inflorescencias en forma de espigas dedunculadas, comúnmente articuladas, con las flores sumidas en el eje de las mismas y dispuestas a menudo en hileras longitudinales; flores masculinas con perianto de (2) 3 (4) tépalos y 3 anteras biloculares sésiles, con frecuencia también con pistilodio vestigial; flores femeninas similares desprovistas de estaminodios,

ovario ínfero, unilocular; fruto carnoso, llevando en el ápice los tépalos persistentes (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2011).

Fisiología de la infección de Phoradendron

La infección se inicia cuando una semilla se adhiere a la corteza del hospedero. Cuando comienza a germinar forma un hipocotilo que se elonga hasta formar un abultamiento, aquí, la radícula produce una cantidad irregular de tejido (apresorio) el cual es como un soporte por su parte inferior, lo que hace presión directamente sobre las ramas del hospedero donde se desarrolla la clavija y la raíz principal formando el haustorio (Hawksworth y Scharpf, 1980).

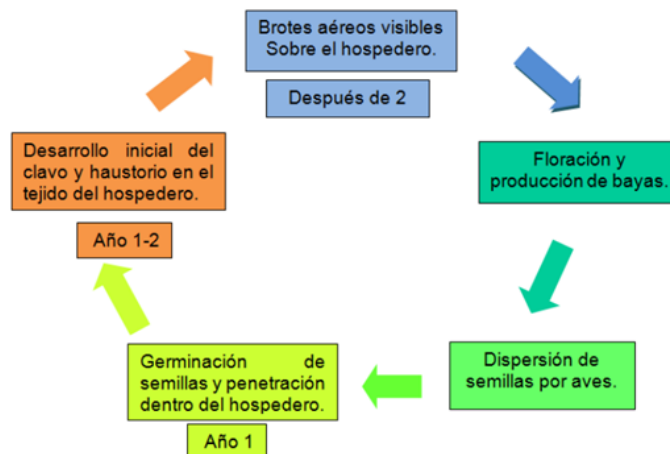
El muérdago comienza a desarrollarse, durante aproximadamente dos años antes de producir brotes aéreos en el exterior de la planta. Los brotes contienen clorofila y llevan a cabo la fotosíntesis, pero además dependen de la planta hospedera para obtener los carbohidratos, así como nutrientes minerales y agua. Causan un retraso en el desarrollo de la planta huésped durante años.

Polinización y dispersión

Los muérdagos son polinizados por agentes bióticos, principalmente pájaros e insectos y abióticos por el viento (Hawksworth y Scharpf, 1984; Nickrent y Musselman, 2004). Los muérdagos presentan un fruto tipo baya color rosado o blanco, su semilla es cubierta por una sustancia mucilaginoso natural llamada viscina. Las semillas son diseminadas por aves de varias formas, dependiendo de la especie de ave: unas lo hacen mientras se acicalan, otras se llevan semillas pegadas en las patas y donde se paran dejan pegada la semilla gracias a la viscina, pero la manera de dispersar semilla más importante es mediante las excretas y por regurgitar.

Ciclo de vida

Para iniciar la germinación el muérdago debe de tener una planta hospedera viva en la cual crecerá. Este crecimiento se da desde el año 1 hasta el dos (Figura 7); La floración se da en el año 3, las flores forman unas bolitas verdes que posteriormente se transforman en bayas blancuecinas y traslúcidas en cuyo interior se encuentra una sola semilla rodeada de un tejido mucilaginoso y pegajoso (Bernal, 2010). El tiempo entre la infección del árbol y la producción de semillas es típicamente de cuatro a seis años, y a veces mayor. La mayoría de los muérdagos mexicanos florecen en invierno y a principios de la primavera, con algunas excepciones en los últimos días de julio, agosto o septiembre (Figura 7).



Fuente: Olsen, 2003

Figura 7. Ciclo biológico de *Phoradendron* spp.-

Artículo Uno

Muérdagos en México y hongos asociados a *Phoradendron* spp en Arteaga y

General Cepeda, Coahuila

Mistletoe in México and Fungi associated with *Phoradendron* spp in Arteaga and

General Cepeda, Coahuila

María Paz Ponce, Sergio René Sánchez Peña, Yolanda Rodríguez Pagaza*, Alberto Flores Olivas, Departamento de Parasitología Agrícola; José Ángel Villarreal Quintanilla, Departamento de Botánica, Rosalinda Mendoza Villarreal, Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UAAAN, Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, Saltillo, Coahuila CP. 25315 *Autor de correspondencia: ypagaza@hotmail.com

Resumen. Las plantas parásitas tienen gran importancia, por su forma de vida, en la que atacan directamente a otro vegetal por medio de haustorios que son raíces modificadas para succionar el agua y los nutrientes del hospedero. En el presente estudio se realizó una revisión de artículos para conocer lo que se ha investigado en nuestro país, ya que *Phoradendron* (muérdago verdadero) y *Arceuthobium* (muérdago enano) son dos géneros que han causado mortalidad en árboles del bosque y han causado pérdidas de madera por 2 millones de metros cúbicos al año en México; en Coahuila se propuso estudiarlos y encontrar un control biológico efectivo para el género *Phoradendron* con un trabajo práctico de identificación de hongos asociados a éste muérdago que pudieran ser candidatos potenciales y obtener un biocontrol para estas plantas parásitas. Se realizaron colectas en dos localidades de los municipios de Arteaga y General Cepeda,

de hojas con síntomas atribuibles a hongos. El material vegetal se desinfectó y se sembró en medio PDA. Las cepas aisladas se identificaron tanto morfológica como molecularmente. Las especies encontradas fueron *Fusarium acuminatum* (aislada de *P. lanceolatum*), *Alternaria alternata* y *Colletotrichum gloeosporioides* (aisladas de *P.densum*), *Curvularia hawaiiensis* y *Nigrospora sphaerica* (aisladas de *P. tomentosum*). Actualmente, *F. acuminatum*, *C. hawaiiensis* y *Nigrospora sphaerica* son nuevos reportes de hongos asociados al género *Phoradendron*.

Palabras clave: *Alternaria alternata*, *Juniperus angosturana*, *Phoradendron densum*.

Abstract. Parasitic plants are of great importance, due to their way of life, in which they directly attack another plant by means of haustoria, which are modified roots to suck water and nutrients from host. In present study, a review of articles was carried out to find out what has been investigated in our country, since *Phoradendron* (true mistletoe) and *Arceuthobium* (dwarf mistletoe) are two genera that have caused mortality in forest trees and have caused loss of wood for 2 million cubic meters per year in Mexico; In Coahuila, it was proposed to study them and find an effective biological control for the genus *Phoradendron* with a practical work to identify fungi associated with this mistletoe that could be potential candidates and obtain a biocontrol for these parasitic plants. Collections were made in two localities of municipalities of Arteaga and General Cepeda, of leaves with symptoms attributable to fungi. Plant material was disinfested and planted in PDA medium. The isolated strains were identified both morphologically and molecularly. The species found were *Fusarium acuminatum* (isolated from *P. lanceolatum*), *Alternaria alternata* and *Colletotrichum gloeosporioides* (isolated from *P.densum*), *Curvularia hawaiiensis* and *Nigrospora sphaerica* (isolated from *P.*

tomentosum). Currently, *F. acuminatum*, *C. hawaiiensis* and *Nigrospora sphaerica* are new reports of fungi associated with genus *Phoradendron*.

Keywords: *Alternaria alternata*, *Juniperus angosturana*, *Phoradendron densum*.

Por cientos de años las plantas parásitas han sido del interés de las personas por su naturaleza tanto religiosa como mítica y ya desde el siglo anterior los científicos han estado investigando, ya que afecta tanto especies forestales de los bosques, árboles de ornato en las ciudades y plantas agrícolas de todo el mundo (Alvarado, *et.al.* 2016). Y a pesar de que poseen clorofila, estas plantas tienen hábitos parásitos y dependen en parte o completamente de su hospedero por lo que existe una relación que les permite extraer los nutrientes del árbol (carbohidratos, agua y sales minerales) y al mismo tiempo los árboles hospederos del muérdago tienen alteraciones físicas y morfológicas, y según el grado de la infección puede o no ocasionar su muerte (Alvarado *et. al.* 2017).

Hay 4,100 especies de plantas parásitas angiospermas y se pueden encontrar en casi todos los ecosistemas del planeta, desde los biomas carentes de árboles o tundra hasta las zonas áridas o desiertos, y desde la sabana hasta las zonas montañosas de bosques templados y selvas (Press y Phoenix, 2005, como se citó en Alvarado, *et. al.* 2017) dividiéndose en 2: las que atacan troncos y ramas de las plantas, también llamados muérdagos (40%) y las que parasitan raíces (60%) (Musselman y Press, 1995, como se citó en Alvarado, *et. al.*, 2017).

Muérdago viene del latín *mordicus* que es mordedor, son un grupo taxonómicamente diverso dentro de éstas parásitas, son perennes y se dividen en cuatro familias: Loranthaceae, Viscaceae, Misodendraceae y Eremolepidaceae. (Restrepo, *et al.* 2002 y Aekema, 2003, como se citó en Alvarado, *et.al.*, 2017). Su grado de parasitismo varía grandemente según el género, como por ejemplo el muérdago enano: *Arceuthobium*

tiene 23 especies en México ataca al grupo de Gimnospermas; y el muérdago europeo (*Viscum álbium* L.) y sus 4 subespecies ataca 450 especies de 96 géneros y 44 familias (Barney, *et al.* 1998, como se citó en Alvarado, *et.al.* 2017).

La dispersión es diferente según la familia: En Loranthaceae es por medio de las aves (zoocora); en Misodendraceae por medio del viento (Anemócora) y en Santalaceae por explosión hidráulica o balistosporía, (Solamente *Arceuthobium*. Hawksworth y Wiens, 1996; Glatzel y Geils, 2009, citado por Alvarado, *et.al.* 2017).

OBJETIVOS

- 1.- Conocer las especies de muérdagos que existen en México y los daños que ocasionan.
- 2.- Analizar las oportunidades de control biológico a partir de reportes de los hongos asociados a las diferentes especies de muérdagos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para alcanzar ambos objetivos de este trabajo, se realizó una revisión y análisis de bibliografía. De forma adicional, se llevaron a cabo colectas y aislamientos de hongos asociados con muérdagos en dos puntos de muestreo dentro del estado de Coahuila.

Sitios de muestreo.

El primer sitio de muestreo fue en la presa “El Tullillo”, municipio de General Cepeda, Coahuila (25° 40’ 15.2” N 101° 26’ 18.3” W, 1123 msnm); y el segundo en la Sierra de Zapalinamé, municipio de Arteaga, Coahuila (25° 14’ 51.8” N 100° 54’ 32.0” W, 2025 msnm). Se realizaron cinco colectas en cada una de las localidades, en la Presa “El Tullillo”, en los meses de abril, junio y octubre de 2016 y febrero y marzo de 2017; y en la Sierra de Zapalinamé, en abril, mayo y agosto de 2016, y febrero y marzo de 2017. En

la primera colecta se tomaron muestras tanto de los muérdagos del género *Phoradendron* como de las especies hospederas afectadas por éstos para su determinación. En las colectas subsecuentes se realizaron recorridos para detectar ejemplares de las especies de muérdago bajo estudio con síntomas y signos de hongos, principalmente en hojas para identificar y aislar a los hongos asociados al muérdago.

El material vegetal colectado se transportó al laboratorio en bolsas de polietileno y en hielera para conservarlo fresco. Las hojas de muérdago se cortaron en partes pequeñas, se lavaron con agua corriente, se desinfectaron en hipoclorito de sodio al 3%, se enjuagaron con agua destilada estéril y se dejaron secar sobre papel estéril. Posteriormente los trozos de hojas desinfectadas se sembraron en cajas Petri con medio Papa Dextrosa Agar (PDA) y se sellaron con parafilm. Se incubaron a 25 °C durante siete días, después de lo cual los hongos presentes se aislaron por punta de hifa en PDA y se identificaron morfológicamente usando las claves de Neergaard (1977), Barnett and Hunter (1999) y Abad (2002). También se identificaron los muérdagos morfológicamente mediante las claves de Marroquín (1976), Rzedowski (2006) y Koch y Cibrián (2007). Para la identificación molecular de los hongos, se extrajo el ADN por el método de CTAB (Posso y Ghneim, 2006) y se amplificó mediante PCR (Murray y Thompson, 1980) usando los iniciadores ITS⁴ (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') e ITS⁵ (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3') obteniendo una banda esperada de 500 pb. La mezcla de reacción fue: 1 µL de agua destilada estéril, 10 µL de Mastermix 2X (Genscript, Piscataway, NJ), 4 µL de cada iniciador (10 µM), y 1 µL de ADN. Las condiciones de reacción fueron: una desnaturalización inicial a 95 °C por 5 min, seguido de 43 ciclos de desnaturalización a 95 °C por 30 s, alineamiento a 56.1 °C por 30 s y extensión a 72 °C por 1 min, terminando con una extensión final a 72 °C por 10 min. La

PCR se realizó en un termociclador Px2 (Thermo Electron Corporation). Los productos de PCR obtenidos se secuenciaron y las secuencias obtenidas se compararon con la información del GenBank usando la herramienta BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) (www.ncbi.nlm.nih.gov).

El inóculo de cada uno de los hongos aislados se incrementó sembrando arroz estéril, de acuerdo con la técnica reportada por Gutiérrez *et al.* (1995). Se realizó un ensayo de patogenicidad *in vitro*, en donde se inocularon los cinco hongos aislados sobre las tres especies de muérdago (*P. densum*, *P. lanceolatum* y *P. tomentosum*) y las cuatro especies forestales (*J. angosturana*, *P. glandulosa*, *Q. microphylla* y *Q. pringlei*). La unidad experimental fue una caja petri con papel filtro húmedo estéril según la técnica de Bañuelos y Mayek (2008) modificada. En el ensayo se inocularon las hojas con una micropipeta con 1 mL de una suspensión de 1×10^7 esporas mL⁻¹ y 0.05% de surfactante (Bionex). Las cajas Petri con hojas se incubaron a 25 °C y diariamente se midió la necrosis causada por el hongo con un vernier electrónico hasta que la lesión abarcó más de la mitad de la hoja. Se establecieron quince repeticiones por tratamiento más un testigo, que consistió en la aplicación de agua con surfactante.

RESULTADOS Y DISCUSION

Géneros y especies de muérdagos distribuidos en México

En el Desierto de Sonora, al norte del país, se encuentra presente el muérdago hemiparásito del desierto, *Phoradendron californicum*, encontrado sobre ramas de árboles y arbustos leñosos, en su mayoría leguminosas (Glazner, *et al.* 1988; Aukema y Martínez, 2002; Aukema 2003 y Aukema, 2004 como se citó en Franklin, *et al.* 2016).

En Tamaulipas, el primer reporte de presencia del muérdago *Phoradendron quadrangulare* en *Moringa oleífera* lo hicieron Moreno Ramírez *et al.* en 2018.

Los géneros *Arceuthobium* y *Phoradendron* atacan especies de árboles de interés forestal, y pueden causar pérdidas de madera por más de dos millones de metros cúbicos al año en México (Vázquez y Cibrián 1996 citado por Alvarado y Saavedra, 2017). El muérdago es el segundo agente biológico de perturbación en los bosques, con un 32% de árboles atacados por estas plantas parásitas contra un 48% de árboles atacados por escarabajos descortezadores (SEMARNAT, 2016).

Hacia el noroeste del país, en el Parque Rodolfo Landeros Gallegos, la mayor área verde pública en la ciudad de Aguascalientes, se estudiaron 4,154 árboles, de los cuales 2,343 fueron afectados por el muérdago *Cladocolea ioniceroides*, un total de poco más de 56%. Las especies de árboles más afectadas fueron *Populus alba* y *P. canadensis*, ambos con una incidencia de infestación de poco más de 80% (Martínez, *et. al.* 2021).

En el este del país, en el estado de Veracruz, determinaron las especies presentes del género *Psittacanthus* realizando una revisión de los especímenes colectados en Veracruz y depositados en los herbarios ENCB, MEXU y XAL. La determinación de estos se realizó utilizando diferentes claves taxonómicas y con el apoyo de colectas y la observación de las especies en campo. Los resultados fueron que las dos especies de *Psittacanthus*: *P. schiedeanus* y *P. rhynchanthus* frecuentemente en Veracruz comparten hospederos principalmente del género *Ficus* y *Bursera*.

Psittacanthus schiedeanus es una especie agresiva para invadir hospederos y sus semillas germinan en ambientes poco apropiados para su establecimiento como rocas y estructuras de cemento. Por esta razón, parasita a *Platanus mexicana*, que es una especie que anualmente muda su corteza y así se desprende de epífitas y plantas parásitas de sus troncos. Las cuatro especies de *Psittacanthus* que se ha encontrado en Veracruz son: *P. americanus*, *P. rhynchanthus*, *P. calyculatus* y *P. schiedeanus* (Castillo, *et al.* 2018).

Daños que ocasionan los muérdagos en sus hospederos

El primer estudio en México sobre el impacto del muérdago en las variables de la copa de los árboles se realizó en 16 áreas verdes de la Ciudad de México. Se tomó en cuenta los 3 tipos de daño de la FIA (Forest Inventory and Analysis Program of the United States of América) protocols (Conkling, Coulston and Ambrose, USDA, 2005, como se citó en Alvarado y Saavedra, 2021) en donde el daño 1 corresponde solamente a la presencia de muérdago, y los daños 2 y 3 representan otros agentes en el mismo árbol. Los resultados fueron que de todos los árboles evaluados (4775), 3318 presentaron daño, para el tipo de daño 1, los muérdagos *Cladocolea* sp. y *Struthanthus* sp. presentaron una incidencia promedio de 42%, para el tipo de daño 2, se identificaron 20 agentes y el tipo de daño 3, 11 agentes. Las heridas mecánicas, insectos chupadores, vandalismo y canchales fueron los daños más comunes. Basado en el análisis de componentes principales (PCA), árboles de todos los diámetros y alturas estaban infectados. Sin embargo, *Struthanthus* se asoció con árboles más altos y de mayor diámetro. La proporción de copa viva (Lcr) fue más bajo, la muerte regresiva de la copa (Cdie) y la severidad del muérdago fueron más altos en árboles infectados. Sobre la posición de la copa (Cpo), los árboles dominantes y codominantes presentaron los mayores niveles de severidad por muérdago. Los géneros de árboles más infectados fueron *Ulmus* sp. y *Populus* sp. (bajo Lcr y alto Cdie y Ms). *Cladocolea* fue encontrada hacia alcaldías del Sur y *Struthanthus* en el norte (Alvarado y Saavedra, 2021).

El efecto que causa *Arceuthobium* sp. en sus hospederos difiere dependiendo de las condiciones climáticas y factores físicos del lugar geográfico donde se encuentre. En el Parque Nacional Volcán Nevado de Colima, *A. vaginatum* ssp. *vaginatum* causó reducción de 22% en altura de *Pinus hartwegii*, además de 9% en diámetro y 50% en

volumen (Martínez, *et. al.* 2015). *Arceuthobium* también causó reducción en el crecimiento de los árboles en Zoquiapan (Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl, Centro de México), donde dos especies de muérdago enano (*A. vaginatum* y *A. globosum*) coexisten y parasitan a *Pinus hartwegii* encontrándose que la tasa relativa de crecimiento (TCR) en diámetro estuvo fuertemente influida por el diámetro a la altura del pecho (dap) inicial de los pinos, mientras que la especie que infecta y la severidad no mostraron un efecto diferencial. La relación alométrica del dap y la altura fue afectada por el parasitismo, ya que, dentro de una misma categoría de dap, los árboles infectados por las dos especies fueron más bajos que los no infectados. El efecto del parasitismo no difirió entre especies. Sin embargo, la estructura de tamaños de los hospederos afecta la presencia y severidad de la infección. (Queijeiro, and Cano, 2016). En Durango, González, *et.al.* (2018) llevaron a cabo un caso de estudio del muérdago enano mexicano (*Arceuthobium vaginatum* subsp *vaginatum*) y su efecto en el crecimiento de *Pinus cooperi*, donde utilizaron análisis de tallo y estimaron sus efectos en el volumen y crecimiento en altura de éste, teniendo como resultado que hubo reducciones significativas tanto en el volumen como en el crecimiento en altura para árboles moderada y severamente infectados en comparación con árboles no infectados. En promedio las reducciones en el crecimiento del volumen fueron en un 50% y la altura en un 17%, siendo las mayores reducciones para árboles severamente infectados.

RESULTADOS

En el presente trabajo se identificaron tres especies de *Phoradendron* parasitando árboles forestales. En el Tullillo se muestrearon un total de 30 árboles de *Prosopis glandulosa* de los cuales 28 estaban parasitados (93.33%) por *P. tomentosum*, con un

promedio de 5 individuos por árbol parasitado. En la Sierra de Zapalinamé, se encontraron tres especies de *Phoradendron*. De un total de 11 árboles de *Quercus microphylla* muestreados, en todos se encontró *P. lanceolatum* con un promedio de 3 individuos por árbol; los 12 árboles de *Juniperus angosturana* muestreados estuvieron parasitados por *P. densum* con un promedio de 4 individuos por árbol; y finalmente los 7 árboles de *Quercus pringlei* muestreados estuvieron parasitados por *P. tomentosum* con un promedio de 5 individuos por árbol. Para la Sierra de Zapalinamé, obtuvimos mayor porcentaje de individuos parasitados que lo que reporta Cepeda *et al.* (2013), lo cual puede deberse a que el nivel de parasitación ha avanzado en esta zona debido a la dispersión de las semillas de *Phoradendron* por sus agentes vectores como aves, reptiles y mamíferos. Las especies de *Phoradendron* y sus respectivos hospederos forestales descritos en el presente trabajo ya han sido reportados por varios autores para las zonas bajo estudio (Correll y Johnston, 1970; y Henrickson y Johnston, 1997 como se citó en Villarreal y Castellón 2008). Estas especies también se encuentran dentro de la colección del herbario ANSM de la UAAAN.

DISTRIBUCIÓN

Huerta *et. al.*, realizaron un estudio a nivel nacional en 2021 de la distribución espacial de plantas parásitas en regiones forestales de alta montaña en México, encontrando 24 entidades federativas con elevaciones mayores a 2,800 msnm, mostrando que en Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Colima, Michoacán, Estado de México, Cd. de México, Tlaxcala, Veracruz, Morelos, Puebla, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, y en la mayoría de los bosques de alta montaña, existen registros de

patógenos, particularmente del género *Arceuthobium* y *Phoradendron*. El género *Cladocolea* se encuentra en 8 registros en el límite Norte del eje Neovolcánico. En la Sierra Madre del Sur se encuentran no menos de 25 registros de *Struthanthus*. En la zona Norte y Centro de México predomina el género *Arceuthobium*, mientras que *Phoradendron* es el patógeno con más problemas en todo México, y no solo en sus bosques, sino en áreas verdes en ciudades, se limita a una distribución en el eje Neovolcánico y en la Sierra Madre Occidental. *Phoradendron* ataca más a *Alnus acuminata* en su mayoría y en menor número a *Juníperus deppeana* y *Juníperus fláccida*, con tres distribuciones importantes en el eje Neovolcánico, la primera en la ladera del nevado de Toluca, la segunda en el Ajusco hasta el Parque Nacional del Tepozteco, la Ciudad de México y la última área en la cara oeste del Pico de Orizaba donde se tienen diversos registros por estudios científicos. *Arceuthobium* y *Phoradendron*, tienen impactos negativos para el bosque, comunidades forestales y económicamente en la extracción de madera y otros recursos forestales (Gómez, *et. al.* 2011 como se citó en Huerta, *et. al.* 2021).

Oportunidades de control

Para el control de muérdagos se ha usado la poda de los árboles y herbicidas como el Ácido 2-cloroetilfosfónico y el Ácido 2, 4-diclorofenoxiacético, siendo el primer método el más usado actualmente, con la desventaja de que son tratamientos costosos y solo eliminan la parte aérea del muérdago, pero no los haustorios, (Alvarado y Saavedra, 2016; Contreras, *et. al.* 2018). Se están desarrollando investigaciones para determinar potenciales microorganismos como control biológico de muérdagos, como la reportada por Cárdenas (2014) identificando la presencia de *Fusarium poae* y *F. equiseti* en

Cladocolea ioniceroides y *Struthanthus interruptus* y que causan marchitez en pruebas *in vitro*. De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2007), dentro de las características que debe tener una especie para poder ser considerada como un agente potencial de biocontrol, están la especificidad y la compatibilidad con la fisiología del hospedero. Las pruebas de patogenicidad de este trabajo muestran que los hongos aislados pueden provocar necrosis en el muérdago, más no a los árboles forestales. Esto podría indicar el potencial uso de estas especies para controlar a los muérdagos bajo estudio sin afectar a los árboles hospederos, ya que no se encontraron reportes en la bibliografía que asociaran a *A. alternata*, *F. acuminatum*, *C. gloesporoides*, *C. hawaiiensis* o *N. sphaerica* como agentes causales de enfermedades en *J. angosturana*, *P. glandulosa*, *Q. microphylla* y *Q. pringlei*, aunque estos hongos son agentes fitopatógenos de numerosas plantas. Es necesario realizar pruebas de patogenicidad *in vivo* bajo las condiciones ambientales de los sitios de colecta, ya que la humedad y la temperatura son determinantes para el establecimiento de la enfermedad.

Hongos asociados a muérdagos.

En la naturaleza es común encontrar relaciones simbióticas entre plantas y hongos, las cuales, dependiendo del nivel de beneficio o daño que halla entre los organismos involucrados puede ser clasificado como un endófito mutualista, neutro o un parásito (Kogel, *et al.* 2006). La mayor parte de los trabajos realizados con hongos asociados a muérdagos siguen dos líneas prioritarias de investigación; usar a los hongos como potenciales en control biológico de los muérdagos o usar los metabolitos sintetizados en la industria farmacéutica. En la Tabla 1 se muestran las especies de hongos asociadas a los géneros de muérdagos que se han encontrado en México.

Para el caso de los hongos encontrados en este trabajo, cabe señalar que la identificación morfológica con la identificación molecular. Los números de acceso en el GenBank de las especies identificadas son *Alternaria alternata* (MN337130), *Colletotrichum gloeosporioides* (MN337131), *Curvularia hawaiiensis* (MN337133), *Fusarium acuminatum* (MN337132) y *Nigrospora sphaerica* (MN337134), presentando porcentaje de similitud mayor o igual a 99%. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Las cinco especies de hongos inoculadas a las hojas de las tres especies de *Phoradendron* causaron necrosis, mientras que en las hojas de los árboles forestales no hubo presencia de necrosis ni ningún otro síntoma asociado a patogenicidad.

De las especies de hongos encontrados, ya hay reportes de *C. gloeosporioides* asociado a *Phoradendron* sp. en el estado de Michoacán (Vázquez, *et al.*, 2006), y de *Alternaria alternata* en *P. bolleanum* en Coahuila (Paz, *et. al.* 2013). En nuestro conocimiento, se reporta por primera vez a *Curvularia hawaiiensis*, *Nigrospora sphaerica* y *Fusarium acuminatum* asociados al género *Phoradendron*, los dos primeros a *P. tomentosum* y el tercero a *P. lanceolatum*.

CONCLUSIONES

Según los resultados *A. alternata*, *C. gloesporoides*, *C. hawaiiensis*, *F. acuminatum* y *N. sphaerica* son hongos asociados a *Phoradendron* spp que probablemente sean efectivos para control biológico del mismo muérdago.

RECONOCIMIENTOS

El primer autor agradece al CONACyT por la beca otorgada para realizar estudios de posgrado que permitieron desarrollar el presente trabajo.

REFERENCIAS

- Abad G, (2002). Identificación de fitopatógenos asociados a semillas mediante técnicas utilizadas por Plant Pathogen Identification Laboratory, del Dept. of Plant Pathology North Carolina State University. Primer Taller Internacional sobre Identificación de Hongos y Stramenopila Transmitidos por Semilla, Texcoco, México. pág. 339p.
- Alvarado, D. y Saavedra, L. L., (2017). La investigación sobre plantas parásitas en México. Memorias del Foro Nacional: Las plantas parásitas en México. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México. 6-14 pp.
- Alvarado, D. and Saavedra, L. L. (2021). Tree damage and Mistletoe impact in urban Green areas. *Revista Arvore*, 45.
- Askew, S. E., Shamoun, S. F., & van der Kamp, B. J. (2011). Assessment of *Colletotrichum gloeosporioides* as a biological control agent for management of hemlock dwarf mistletoe (*Arceuthobium tsugense*). *Forest Pathology*, 41(6), 444-452.
- Barnet, H. L. and Hunter, B. B. (1999). Illustrated genera of imperfect fungi. The American Phytopathological Soc., St. Paul Minnesota, USA. 218 pp.
- Cárdenas, S. V. (2014). Alternativas de control para el manejo de *Cladocolea ioniceroides* (Van Tiegh) Kuijt y *Struthanthus interruptus* (Kunth) Blume presentes en la zona urbana del Distrito Federal, México, [Tesis de Maestría]. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 145pp.
- Castillo, G., Medina, M. E. y Acevedo, R. (2018). El género *Psittacanthus* (Loranthaceae) en Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana* 124.

DOI: 10.21829/abm124.2018.1278

- Chao, Q., Yu, F., Fu, J., Zheng, X., Dong-Qin, B. D., Cheng, G. and Zhi, D. (2014). *Lasiodiplodia* sp. ME4-2, an endophytic fungus from the floral parts of *Viscum coloratum*, produces indole-3-carboxylic acid and other aromatic metabolites. *BMC Microbiology*, 14:297 <http://www.biomedcentral.com/1471-2180/14/297>
- Cepeda, P. M., Sánchez, A. A., Galindo, C. M., Sánchez, P.S., Padrón, C. E., García, F.J. y Ocaña, H. B. (2013). Incidencia y severidad de *Phoradendron* spp., en la sierra de Arteaga, Coahuila, México. *Revista Agraria* 10:37-41 pp. [http://www.in/docs/Revista_Agraria_vol\(10\)_No\(1\).pdf#page=41](http://www.in/docs/Revista_Agraria_vol(10)_No(1).pdf#page=41)
- Contreras, C., Alvarado, D., Cibrián, D. & Valdovinos, G. 2018. Chemical control with ethepon (2-cloroethyl phosponic acid) of the true mistletoe *Struthanthus interruptus* (Kunth) G. Don. *Agrociencia*, 52 (5). 741-755 pp.
- De Abreu, L. M., Almeida, A. R., Salgado, M., & Pfenning, L. H. (2010). Fungal endophytes associated with the mistletoe *Phoradendron perrottettii* and its host tree *Tapirira guianensis*. *Mycological Progress*. 9(4), 559-566 pp.
- Sadananda, T. S., Govindappa, M., Ramachandra, Y. & Draz, L. (2013). Isolation and characterization of Isolation and characterization of D-galactose, N-acetylgalactosamine, fructose, maltose specific lectin from eight different endophytic fungi of *Viscum album* L. *Asian Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*. 3(26); 11-20 pp.
- García, J. D., Anguiano, J. C., Arredondo, R., Candido, C. A., Martínez, L., Segura, E. P., Govea, M., González, M. L. & Ramos, S. C. (2021). Phytochemical Characterization of *Phoradendron bollanum* and *Viscum álbum* subsp. *austriacum* as Mexican Mistletoe Plants with Antimicrobial Activity. *Plants*, 10:1299.

- González, M., Flores, M. Y., Álvarez, R., González, M. S., Márquez, M. A., Quiñonez, S. E., Howell B. & Mathiasen R. L. (2018). Effects of Mexican dwarf Mistletoe (*Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum*) on the growth of *Pinus cooperi* in Durango, México – A caso study. *Forest Pathology*. e12473
- Govindappa, M., Sadananda, T. S., Channabasava, amachandra YL, Chandrppa CP, Padmalatha RS and Prasad SK 2015. Natural Product Laboratory, Department of Biotechnology, Shridevi Institute of Engineering & Technology, Sira Road, Tumkur-572 106, Karnataka, Indian Department of Biotechnology, School of Life Sciences, Manipal University, Manipal-576 104, Karnataka, India
Integr Obesity Diabetes doi: 10.15761/IOD.1000104
- Gutiérrez, G. M. (1994). *Revisión Bibliográfica sobre los Muérdagos (Loranthaceas) de México*. [Tesis de Licenciatura]. Universidad de Guadalajara. 160 pp.
- Hampel, L. D., Cheeptham, N., Flood, N. J. & Ross, C. (2017). Plants, fungi, and freeloaders: examining temporal changes in the “taxonomic richness” of endophytic fungi in the dwarf mistletoe *Arceuthobium americanum* over its growing season. *Botany*, 95(3), 323-335 pp.
- Huerta, I., Franco, S., Endara, A. R. y Rodríguez, C. (2021). Distribución espacial de plantas parásitas en regiones forestales de alta montaña en México. [Tesis de] Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex).
- Kogel, K. H., Franken, P. & Hückelhoven R. (2006). Endophyte or parasite-what decides? *Current Opinion in Plant Biology* 9:358-363 pp.
- Franklin, K. A., Sommers, P. N., Aslan, C. E., Blanca R. López, B. R., Bronstein, J. L., Bustamante, E., Búrquez, A., Medellín, R. A. and Marazzi, B. 2016. Plant Biotic

Interactions in the Sonoran Desert: Current Knowledge and future Research perspectives. *International Journal Plant Science*. 177 (3): 217- 234.

Kettunen, E., Sadowski, E. M., Seyfullah L. J., Dorfelt, H., Rikkinen, J. & Schmidt, A. (2018). Papers in Palaeontology, Organismal & Evolutionary Biology, Faculty of Biological & Environmental Sciences, University of Helsinki, PO Box 65, 00014, Helsinki, Finland 2 Department of Geobiology, University of Gottingen, Goldschmidtstraße 37077, Gottingen, Germany; alexander.schmidt@geo.uni-goettingen.de Microbial Communication, Friedrich Schiller University Jena, Neugasse 25, 07743, Jena, Germany Finnish Museum of Natural History, University of Helsinki, PO Box 7, 00014, Helsinki, Finland.

Cibrián, D., Alvarado, D. y García E. S. (Eds.), (2007). *Enfermedades forestales en México*. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 587 pp.

Kotan , Akif Okutucu , Arzu Ala Go'rmmez , Kenan Karagoz , Fatih Dadasoglu , I'sa Karaman , I'smet Hasanekoglu and S,aban Kordali. 2013. Parasitic Bacteria and Fungi on Common Mistletoe (*Viscum album* L.) and Their Potential Application in Biocontrol, *J Phytopathol* 161:165–171 (2013) doi: 10.1111/jph.12048

Krasylenko, Y., Sosnovsky, Y., Atamas, N., Popov, G., Volodymyr, L., Janošíková, K., Sytschak, N., Rydlo K, & Sytnyk, D. (2020). The European mistletoe (*Viscum album* L.): distribution, host range, biotic interactions and management worldwide with special emphasis on Ukraine. *Botany* downloaded from www.nrcresearchpress.com by University of New South Wales.

Marroquín, J. 1976. Vegetación y florística del noreste de México. I. Aspectos sinecológicos en Coahuila. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 37:69-102.

- Lyssa, M., Cynthia M. Ross, C. M. and Phillips L. A. (2012). Fungal endophytes of the obligate parasitic dwarf mistletoe *Arceuthobium americanum* (Santalaceae) act antagonistically in vitro against the native fungal pathogen *Cladosporium* (Davidiellaceae) of their host. *American Journal of Botany* 99(12): 000–000.
- Martínez, I. A., Sandoval, M. H., Arellano, M. y Martínez, V. M. (2021). Infestación por *Cladocolea ioniceroides* y sus potenciales aves dispersoras de semillas en un área verde urbana de la ciudad de Aguascalientes, México. *Madera y Bosques* 27(1), e2712084 Faltan datos de la revista
- Martínez, M., Madrigal, S., Vazquez I., Velasco E., Morales, C. R. y Villarreal, F. (2015). Effect of *Arceuthobium vaginatum* (Willd) Presl subsp. *vaginatum* in *Pinus hartwegii* Lindl in Colima State. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(29), 44-55 pp. Verificar escritura de las autoridades en el nombre de las especies
- Moreno, R., Torre, J. A., Mora, A. & Torres-Acosta R. I. 2018. First Report of the Mistletoe *Phoradendron quadrangulare* (Viscaceae) on *Moringa oleifera* (Moringaceae) in Mexico. *Plant disease*. 102(10), Page 2045
<https://doi.org/10.1094/PDIS-03-18-0413-PDN>
- Murray, M.G. & Thompson, W. F. (1980). Rapid isolation of high molecular weight plant. *Nucleic Acids Research* 8: 4-300. Faltan datos de la revista
- Neergaard, P. (1977). *Seed Pathology*, vols. I, II. Halsted Press. 217 p.
- Ocaña, H. B. (2010). Identificación, incidencia y severidad del muérdago (*Phoradendron* spp) en los cañones de los Chorros, Huachichil y la Carbonera, de la sierra de Arteaga, Coahuila. [Tesis de licenciatura] Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Campus Saltillo (UAAAN). 42p.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3761/T17975>

[%20OCA%D1A%20HERNANDEZ,%20BEIMAR%20%20TESIS.pdf?sequence=](#)

1

- Paz-Ponce, M., Galindo-Cepeda, M. E., Sánchez-Peña, S. R. y Flores-Flores, J. D. (2013). Identificación y Patogenicidad de hongos en muérdago (*Phoradendron bolleanum* Eichler = *P. saltillense* Trel en Arteaga y Saltillo, Coahuila. [Tesis de maestría], Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Campus Saltillo. 46 p. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7101/Paz%20Ponce%2C%20Mar%C3%ADa%20%20Tesis%20Maestr%C3%ADa.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Queijeiro, M. E. & Cano, Z. 2016. Growth of Hartwegi's pine (*Pinus hartwegii*) parasitized by two dwarf Mistletoe species (*Arceuthobium* spp.) *Botanical Sciences* 94(1), 51-62 pp.
- Peršoh, D. (2013). Factors shaping community structure of endophytic fungi—evidence from the Pinus-Viscum-system. *Fungal Diversity*, 60(1), 55-69 pp.
- Posso, D.D. y Ghneim, H. T. (2006). Uso de marcadores microsatélites para la estimación de diversidad genética en plantas. Manual de Laboratorio, Unidad de Ecología Genética. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). 48p.
- Powo (2022). "Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; <http://www.plantsoftheworldonline.org/> Retrieved 06 May 2022." Que significan las siglas, faltan datos del libro y no se coloca la fecha de consulta

- Quintana, E., Ramírez, A. G., Ramírez, E., Molina, J., Camacho, X., Esparza, J., Heil, M. & Orona, D. 2018. Biochemical Traits in the flower lifetime of a Mexican Mistletoe Parasitizing Mesquite Biomass. *Frontiers in Plant Science*. 9 (1031).
- Ramsfield, T. D., Shamoun, S. F. & van der Kamp, B. J. 2012. Histopathology of the endophytic system and aerial shoots of *Arceuthobium americanum* infected by *Colletotrichum gloeosporioides* Published at www.nrcresearchpress.com/cjb
faltan datos de la revista y la dirección electronica específica completa
- Ratikanta, M., González, H., Aruna, C. & Sarkar, N. C. (2016). Macro and Micro-nutrient contents of 18 Medicinal plants used traditionally to alleviate diabetes in Nuevo León, Northeast of México. *Pak Journal Botanical*. 48(1), 271-276 pp.
- Ratliff, S., Walker, E. S. & Levy, F. 2015. Demographics and *Cronartium appalachianum*. Rust Disease Assessments in Three Tennessee Populations of *Buckleya distichophylla* (Nutt.) Torr. (Santalaceae) *Castanea* 80(4), 243–252 pp.
- Sadananda, T. S., Govindappa, M and Ramachandra, Y. L. (2014). In vitro Antioxidant Activity of Lectin from Different Endophytic Fungi of *Viscum album* L. *British Journal of Pharmaceutical Research* 4(5), 626-643
- Sánchez, O. P. & Piepenbring, M. (2014). Species of *Uromyces* (Pucciniales, Basidiomycota) on Loranthaceae. *Tropical Plant Pathology*. 39(2), 141-153.
- Rzedowski J. (2006). *Vegetación de México*. Primera Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 504 pp.
- Secretaria Medio Ambiente Recursos Naturales (SEMARNAT) (2016). *Anuario estadístico de la producción forestal* 225p.
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282951/2016.pdf>

- Hernández, S., (2015). *Búsqueda de agentes de control Biológico en muérdago del género Arceuthobium*, [Tesis de Maestría], Colegio de Posgraduados campus Montecillo.
- Sucharzewska, E., Marczakiewicz, M. & Ejdyś E. (2016). *Puccinia passerinii* (Pucciniales) on *Thesium ebracteatum* in the Biebrza National Park – new data on its distribution in Central Europe. *Acta Mycologica*. 51(2),1083. <http://dx.doi.org/10.5586/am.1083>
- Sultan, A., P.R. Johnston, P. R., Park, D. & Robertson A. W. (2011). Two new pathogenic ascomycetes in *Guignardia* and *Rosenscheldiella* on New Zealand's pygmy mistletoes (*Korthalsella*: Viscaceae). *Studies in Mycology* 68:237–247.
- Faltan datos de la revista
- Ulukapı, M. & Erdoğdu, M. *Aureobasidium Harposporum*: A Potential Biocontrol Agent of *Viscum Album*. *WITAM-2016*. Faltan fechas y datos de la revista o libro
- Varga Ildiko, Ja'nos Taller, Tivadar Baltaza' r, Jaakko Hyvo'nen and Pe'ter Poczai. (2012). Leaf-spot disease on European mistletoe (*Viscum album*) caused by *Phaeobotryosphaeria visci*: a potential candidate for biological control. *Biotechnol Lett* 34:1059–1065.
- Vázquez, C. I., Villa, R. A. y Madrigal, H. S. (2006). Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán. Libro Técnico No. 2. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro (CIRPAC), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campus Uruapan, 97 p. http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/640/Los%20muerdagos_640.pdf?sequence=7

Villarreal, Q. J. y Castellón, E. E. (2008). *Flora de Nuevo León*. Listados florísticos de México XXIV. Instituto de Biología (IB), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 139 pp.

Watson, D. M. (2001). Mistletoe a keystone resource in forest and woodlands worldwide. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 219-249
<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.11402>

4

Wickert K. L. & Metheny, A. M. (2018). First report of *Fusarium* stem canker on *Pyrolaria pubera*, a rare native parasitic shrub in forests of southwestern Pennsylvania. Plant Disease "First Look" paper. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-01-18-0135-PDN> Faltan datos de la revista

Tabla 1. Especies de hongos asociadas a muérdago y su relación simbiótica con estos.

Especie de muérdago	Especie(s) de hongo(s) asociada(s)	Relación del Hongo con el muérdago	Referencia
<i>Arceuthobium</i> spp	<i>Fungites hirtus</i> , <i>Calicium succini</i> , <i>Metacapnodium succinum</i> , <i>Acremonites</i>	Endófitos	Kettunen, <i>et. al.</i> 2018

	<i>succineus</i> , <i>Casparyotorula</i> <i>globulifera</i> , <i>Casparyotorula</i> <i>heteromorpha</i>		
<i>Arceuthobium</i> <i>americanum</i>	<i>Serpula</i> , <i>Alternaria</i> y <i>Tremella</i>	Endófitos	Hampel, <i>et. al.</i> 2016
	<i>Phoma</i> , <i>Sydowia</i> , <i>Phacidiopycnis</i>	Endófitos	Martín, <i>et. al.</i> 2012
	<i>Colletotrichum</i> <i>gloeosporioides</i>	Endófito	Ramsfield, <i>et. al.</i> 2012
<i>Arceuthobium</i> <i>globosum</i> subsp. <i>grandicaule</i> , A. <i>vaginatum</i> subsp. <i>vaginatum</i> y A. <i>abietis-religiosae</i>	<i>Fusarium solani</i> , <i>Alternaria alternata</i> y <i>Phoma glomerata</i>	Endófitos	Hernández, 2015.
<i>Arceuthobium</i> <i>tsugense</i>	<i>Colletotrichum</i> <i>gloeosporioides</i>	Parásito	Askew, <i>et. al.</i> , 2011
Fam. Loranthaceae (<i>Struthantus</i> , <i>Psittacanthus</i> y <i>Cladocolea</i>)	<i>Uromyces spp</i>	Endófitos	Sánchez, <i>et. al.</i> 2014

<i>Phoradendron densum</i>	<i>Alternaria alternata</i> <i>Colletotrichum gloesporoides</i>	Probable Parásito	Este trabajo
<i>Phoradendron lanceolatum</i>	<i>Fusarium acuminatum</i>	Probable Parásito	Este trabajo
<i>Phoradendron macrophyllum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	Endófito	Paz, <i>et. al.</i> 2013
<i>Phoradendron perrottettii</i>	<i>Tapirira guianensis</i>	Endófito	De Abreu, <i>et. al.</i> 2010
<i>Phoradendron tomentosum</i>	<i>Curvularia hawaiiensis</i> <i>Nigrospora sphaerica</i>	Probable Parásito	Este trabajo
<i>Viscum album</i>	<i>Alternaria spp</i>	Endófito	Govindappa, <i>et. al.</i> 2015
	<i>Alternaria alternata</i> , y <i>Acremonium kiliense</i>	Endófitos	Kotan, <i>et. al.</i> 2013; Krasylenco, <i>et. al.</i> 2020
	<i>Aureobasidium harposporum</i>	Parásito (Manchas Foliares en el muérdago)	Merve, and Erdogdu, 2016
	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> ,	Endófitos	<i>Sadananda, et. al.</i> 2013;

	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Trichothecium sp</i>		Sadananda, <i>et. al.</i> 2014
<i>Viscum album</i> subsp. <i>austriacum</i>	<i>Mortierella</i>	Endófito	Persoh, 2013

Tabla 2. Especies de hongos asociadas a *Phoradendron*, hospederos forestales y frecuencias de detección por sitio de colecta.

Sitio de colecta	Especie forestal hospedera	Especie de <i>Phoradendron</i> parásita (Frecuencia en árboles) ¹ (Individuos por árbol) ²	Género(s) de hongo(s) asociado(s)
			(Frecuencia en árboles) ³ (Frecuencia en muestras) ⁴
Sierra de Zapalinamé	<i>Quercus microphylla</i>	<i>P. lanceolatum</i> (11/11) (3)	<i>Fusarium acuminatum</i> (4/11) (7/15)
			<i>Alternaria alternata</i> (7/12) (9/15) <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (5/12) (5/15)
	<i>Quercus angosturana</i>	<i>P. densum</i> (12/12) (4)	<i>Curvularia hawaiiensis</i>
	<i>Quercus</i>	<i>P. tomentosum</i>	

	<i>pringlei</i>	(7/7) (3)	(4/7) (6/15)
Presa "El Tulillo"	<i>Prosopis glandulosa</i>	<i>P. tomentosum</i> (28/30) (5)	<i>Nigrospora sphaerica</i> (11/28) (2/15)

¹ Árboles parasitados/árboles totales muestreados

² Promedio de individuos de la especie de *Phoradendron* por árbol

³ Árboles donde se detectó al hongo asociado al muérdago/árboles totales muestreados

⁴ Muestras donde se aisló a la especie/muestras totales procesadas

Tabla 3. Resultado de la medición de las lesiones causadas por los hongos aislados en hojas de muérdagos. Los números son el promedio de las mediciones al cuarto día en milímetros.

Hongos inoculados		Especies de muérdago		
	<i>P.</i> <i>den</i> <i>sum</i>	<i>P.</i> <i>lanceola</i> <i>tum</i>	<i>P.</i> <i>tomentosum</i>	

Bioensayo

1 x 10 ⁷ esporas mL ⁻¹	<i>A. alternata</i>	11.7 7	14.33	17.59
	<i>F. acuminatum</i>	6.83	13.47	19.28
	<i>C. gloesporoides</i>	7.77	13.21	14.48
	<i>C. hawaiiensis</i>	7.88	12.66	10.04
	<i>N. sphaerica</i>	9.54	15.24	25.73



Figura 1. Especies forestales parasitadas por *Phoradendron* spp. A.- *Phoradendron lanceolatum* en *Quercus microphylla* B.- *Phoradendron densum* en *Juniperus angosturana* C.- *Phoradendron tomentosum* en *Quercus pringlei*. D.- *Phoradendron tomentosum* en *Prosopis glandulosa*. Fotos A, B y C tomadas en la Sierra de Zapalinamé. Foto D tomada en la presa “El Tullillo”.

Artículo Dos

Evaluación de la aplicación de *Alternaria alternata* sobre muérdago e histología de tejido sano e infectado

Evaluation of the application of *Alternaria alternata* on mistletoe and histology of healthy and infected tissue

Resumen

Los muérdagos representan un problema en la región forestal de Coahuila; encontramos infecciones en muérdago, *Phoradendron* spp., por el hongo fitopatógeno *Alternaria alternata*, que puede ser un agente alternativo de control biológico de esta planta. Determinamos el efecto de las aplicaciones de este hongo en campo sobre la infección de *Phoradendron lanceolatum* que infesta a *Quercus microphylla*. Asimismo, se analizó histológicamente tejido de *Phoradendron densum*, que parasita naturalmente a *Juniperus angosturana*, para diferenciar entre tejido de muérdago sano y tejido colonizado por *A. alternata*. Se rociaron ramas de *P. lanceolatum* sobre *Q. microphylla* con suspensiones de esporas (dos concentraciones); luego algunos fueron cubiertos con organza. Siete días después de aplicación, las ramas se incubaron en cámaras húmedas y posteriormente se midió la necrosis. Los datos se analizaron con un arreglo factorial, el primer factor fue la concentración de esporas, el segundo factor fue con/sin cubierta de organza. Hubo diferencias significativas el primer día de evaluación, 1×10^7 esporas/ml con tapa (13,53%) frente al control sin esporas, surfactante sin tapa (0,8%). El análisis histológico de plantas expuestas y no expuestas al hongo mostró haces vasculares, cristales de oxalato de calcio, espesor de la cutícula del haz (adaxial), área de células epidérmicas

adaxiales y área (vista en cortes) de células parenquimatosas individuales. El análisis de tejidos de muérdago sano e infectado con hongos mostró diferencias significativas, con un área celular de parénquima media de 1433,19 μm^2 en muérdago sano y 875 μm^2 en infectado. Aplicaciones de *A. alternata* son una herramienta potencial de control biológico para estas plantas parásitas. Son necesarios estudios adicionales sobre especificidad y patogenicidad del hongo.

Palabras clave. Control biológico, Daños macroscópicos, Daños microscópicos, Hongo, *Phoradendron spp.*

Abstract.

Mistletoes represent a problem in the forest region of Coahuila; we found infections in mistletoe, *Phoradendron spp.*, by the phytopathogenic fungus *Alternaria alternata*, which can be an alternative biological control agent of this plant. We determined the effect of applications of this fungus on field infection against *Phoradendron lanceolatum* infesting *Quercus microphylla*. Likewise, tissue from *Phoradendron densum*, naturally parasitizing *Juniperus angosturana*, was analyzed histologically for differences between healthy mistletoe tissue and tissue colonized by *A. alternata*. Branches of *P. lanceolatum* on *Q. microphylla* were sprayed with a spore suspension of two concentrations; later some were covered with organza. Seven days after application in the field, the branches were taken to humid chambers and necrosis was measured afterwards. Data were analyzed with a factorial arrangement, the first factor was spore concentration, the second factor was with/without organza cover. There were significant differences on the first day of evaluation, 1×10^7 spores/ml with cover (13.53%) compared to the no spores, surfactant control without cover (0.8%). In the histological analysis of plants exposed and not exposed to the fungus, vascular bundles, calcium

oxalate crystals, cuticle thickness of the bundle (adaxial), area of adaxial epidermis cells and area (seen in sections) of individual parenchyma cells were observed. Analysis of the tissues of healthy and fungus-infected mistletoe showed significant differences, with mean parenchyma cell area of 1433.19 μm^2 in healthy and 875 μm^2 in infected mistletoe. Applications of *A. alternata* infected *P. lanceolatum*; it is a potential biological control agent for these parasitic plants. Additional studies on specificity and pathogenicity of the fungus are necessary..

Introducción

Los muérdagos son plantas parásitas de árboles con una raíz modificada llamada haustorio, que penetra a los troncos y ramas del hospedero y succiona sus nutrientes (Watson, 2001). En México hay pérdidas de 2 millones de metros cúbicos de madera en rollo anualmente por muérdagos (Vázquez y Cibrián 1996, citado por Alvarado y Saavedra, 2017).

El problema en Coahuila es la alta incidencia de estas plantas parásitas que llega a un 71% de *Juniperus* spp. infestados en el Cañón de “los Chorros”, Arteaga (Puentes, *et al.*, 2013). Los métodos de control más utilizados son la poda (Vazquez *et al.*, 2006 citado por Alvarado y Saavedra, 2017), aunque ésta es muy costosa; el uso de químicos como el etefón, un herbicida que se ha empleado con buenos resultados (Hoffman, 2004 citado por Alvarado y Saavedra, 2017) pero como todo químico es contaminante. El muérdago *Struthantus interruptus* afecta principalmente a álamos, *Populus deltoides* en la ciudad de México, por lo que aplicaron etefón, un regulador de crecimiento que disminuyó de 31 a 56% la densidad del follaje inicial. Las diferencias entre tratamientos con etefón y el testigo fueron significativas (Contreras *et al.*, 2017).

En cuanto a métodos biológicos, Hernández (2015) identificó los hongos asociados a *Arceuthobium* spp., los cuales ocasionaron marchitez y necrosis en tallo y fruto en este muérdago enano: *Alternaria* sp., *Epicoccum* spp., y *Phoma* spp., indica también que *Fusarium solani* provoca marchitez y necrosis.

Objetivos Evaluar en laboratorio las aplicaciones en campo de *Alternaria alternata* sobre *Phoradendron* spp., conocer la estructuras histológica del muérdago y determinar diferencias entre tejidos sano e infectado con el hongo.

Materiales y Métodos

Sitio de estudio. Sierra de Zapalinamé, Municipio de Arteaga, Coahuila, (25' 09' y 25' 16' de latitud norte, 100' 20' y 100' 35' longitud oeste, 2025 msnm).

Colecta de muérdago y aislamiento del hongo. Se colectó el muérdago *P. lanceolatum* de *Quercus microphylla*, y se sembraron hongos fitopatógenos de éste en papa dextrosa agar (PDA), después de cinco días de crecimiento de los hongos, se aisló *A. alternata* por medio de punta de hifa. El 30 de Junio del 2018 se resembró en 24 cajas petri con PDA para que creciera y esporulára. Para la técnica histológica se colectó *P. densum* de *Q. microphylla* del mismo sitio de estudio.

Preparación de la suspensión de esporas. El 31 de agosto del 2018 se llevó a cabo el raspado del micelio y esporas de 4 cajas petri, y se pasó a 100 ml de agua destilada estéril, añadiendo 35µl de Bionex, para mantener separadas las esporas, para un volumen total de 600 ml. Del raspado de las primeras cajas se hizo la lectura de esporas por medio de la cámara de Neubauer y se obtuvo la concentración de 1×10^7 esporas/mililitro (esp/mL) y se preparó una dilución a 1×10^6 esp/mL.

Aplicación en campo y cámaras húmedas. El mismo día que se hizo la suspensión de esporas se llevó a campo y se asperjaron directamente sobre ramas del muérdago

Phoradendron lanceolatum los siguientes tratamientos: 1.- 10^7 esp/mL con cubierta de organza, envolviendo la planta de muérdago tratada. Esta cubierta permite ventilación pero protege en cierto grado la aplicación de hongo de la luz solar, y por tanto favorece la viabilidad y supervivencia del hongo en campo. 2.- 10^7 esp/mL sin cubierta, 3.- 10^6 esp/mL con cubierta, 4.- 10^6 esp/mL sin cubierta, 5.- Testigo Bionex con cubierta y 6.- Testigo Bionex sin cubierta. Ya asperjadas las ramas de muérdago se etiquetaron con cintas. Para la evaluación del desarrollo del hongo sobre las plantas de muérdago, se colectaron las ramas de muérdago de cada tratamiento a los 7 días después de la aplicación en campo (DDA) y se llevaron al laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), donde se colocaron en cámaras húmedas cada rama y se incubaron a 23-26°C. A partir del siguiente día se tomaron al azar hojas de la planta, y se midieron las lesiones de necrosis en milímetros, la cual se transformó en porcentaje del área de hoja. La necrosis se midió con un vernier electrónico.

Diseño experimental y Análisis Estadístico. Se realizó un diseño aleatorizado con arreglo factorial, donde el primer factor fueron los tratamientos del hongo (concentración de conidias) y el segundo factor fue con cubierta y sin cubierta, y testigo, el cual consistió en la aplicación solamente de agua con surfactante “Bionex®” (UPL, Saltillo); tres repeticiones por tratamiento. Los datos de los bioensayos de las cámaras húmedas se analizaron individualmente (para los resultados por día) siendo 3 días en los que se midió el crecimiento de la necrosis en milímetros, estos datos se pasaron a porcentaje. Posteriormente se efectuó un Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba de separación de medias de Tukey. Se utilizó el programa R (R Core Team, 2013).

Técnica histológica. Las hojas del muérdago *P. densum* con signos y síntomas del hongo *A. alternata* se prepararon para la técnica de D'Ambrogio de Argüeso (1986) en el Laboratorio de Anatomía y Fisiología Vegetal del Departamento de Botánica de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Primero se fijaron los tejidos para conservarlos sin alteraciones en FAA (Formaldehído 10 ml, Alcohol Etílico de 96°, 50 ml, y ácido acético glacial, 5 ml). Posteriormente las muestras fueron deshidratadas en concentraciones de alcohol etílico de 65, 70, 80, 90, y 96 %, y luego en alcohol absoluto-Xilol, 3:1, Alcohol-Xilol (1:1), alcohol-Xilol (1:3) y Xilol puro (dos horas en cada uno). Después del último xilol se escurrieron y se incluyeron en parafina; se obtuvieron cortes transversales de 20 micras con un micrótopo de rotación, y se montaron en portaobjetos. Para la tinción se usó la fucsina básica. Se sellaron con resina sintética y cubreobjetos. Las preparaciones se conservaron varios días al aire para secado. Los tejidos fueron analizados en el laboratorio de Citogenética (UAAAN).

Análisis de los tejidos sanos e infectados. Las preparaciones fueron analizadas con un microscopio con cámara digital integrada Pixera Wiender Pro y se fotografiaron en 40 X (Wilkinson 1979); las mediciones de imágenes digitales con el software Axion Vision Rel. 4.8. En los tejidos de protección: cutícula y epidermis, y fundamental: parénquima, las variables fueron grosor de cutícula del haz (adaxial), área de células de epidermis adaxial y área (vista en cortes) de las células individuales de parénquima. Se midió cada parámetro en cada laminilla para un total de 25 datos para tejido sano y 25 datos para tejido enfermo. La comparación entre tejidos se realizó mediante la prueba *t* de Student para determinar si hay o no diferencias significativas para los parámetros evaluados entre ambos tratamientos (hongo presente/ausente).

Resultados.

Aplicación de hongo en campo. El tratamiento 1×10^7 con cubierta de organza, tuvo efectos significativos ($P=0.001$) comparándose con el testigo sin cubierta a un día de incubación en las cámaras húmedas (Tabla 1, Figura 1). En los demás días no hubo diferencias significativas en la necrosis causada por *A. alternata*; pero los datos (ver Figura 2) indican que el hongo causó avance de necrosis cada día sobre el muérdago en hojas y tejidos.

Técnica histológica. En el corte transversal de *P. densum* (hoja sana) se observa un mismo patrón general de organización de tejidos: de protección, fundamental y vascular. La cutícula en haz y envés es lisa, unicelular de 7.8 a 19.4 μm de grosor, la epidermis adaxial es uniseriada, células con un área de 230.4 a 1435.5 μm^2 , el parénquima es globular con un área de 390.19 a 3,468.5 μm^2 de grosor. En cuanto al mesófilo es homogéneo y está formado por parénquima de células ovadas de tamaño y forma variable (parénquima lagunoso) y presenta 3 haces vasculares (Figura 3A). En todas las laminillas se observaron cristales, presumiblemente de oxalato de calcio en forma de drusas (Figura 3B), que sirven a la planta de defensa contra herbívoros, causando irritación en el tracto digestivo de mamíferos y tienen un efecto dañino en insectos.

Análisis de los tejidos sanos e infectados. En grosor de cutícula, se obtuvo $\bar{x} = 14.73 \mu\text{m}$ en muérdago sano y en muérdago infectado $\bar{x} = 20.28 \mu\text{m}$. En cuanto al área de las células de la epidermis ($\bar{x} = 910.61 \mu\text{m}^2$ en muérdago sano, $\bar{x} = 603.58 \mu\text{m}^2$ en muérdago infectado). Para el área de las células del parénquima se obtuvo una media del área de 1433.19 μm^2 en muérdago sano y en muérdago infectado una media de 875.60 μm^2 (Figura 3C y 3D). Todos los resultados tuvieron diferencias altamente significativas al 0.0001.

En el microscopio electrónico de barrido (SEM) se muestra como el hongo *A. alternata* se desarrolla sobre el tejido del muérdago *P. densum* y se va adentrando en él (Figura 4).

Discusión

En los bosques de coníferas del valle de México, Hernández (2015) colectó dos hongos de muérdago enano (*Arceuthobium*): *Fusarium solani* y *Alternaria alternata*, con los cuales inoculó este muérdago *in vitro* y en campo, y en ambos bioensayos los hongos causaron marchitez y necrosis en los muérdagos, un trabajo con similitud al nuestro.

En el muérdago europeo (*Viscum album*) el hongo *Phaeobotryosphaeria visci* también causa necrosis y es un candidato para su control (Varga I. *et al.*, 2012). *A. alternata* produce toxinas, las cuales probablemente sean las responsables de la necrosis (Nakatsuka S., *et al.*, 1986); los estudios recientes sobre este hongo son moleculares; es un hongo cosmopolita que tiene razas específicas sobre diferentes plantas (Cheng *et al.*, 2019). Por esto es posible que los aislamientos de muérdago no sean activos contra otras plantas, pero esto debe de ser verificado.

En este trabajo de aplicación del hongo *A. alternata* al muérdago *Phoradendron*, se observaron resultados altamente significativos en el primer día de los 7 DDA en campo, aunque después ya no hubo diferencias. De acuerdo a estos resultados proponemos que es necesario realizar más pruebas en campo, ya que las infecciones de *A. alternata* dependen del clima (humedad y temperatura); asimismo, otros controles biológicos inundativos como el uso de insectos encontrados de muérdagos y que se alimenten específicamente de esta planta.

Análisis de los tejidos sanos e infectados. En la sección transversal de la hoja en el muérdago sano la cutícula tuvo un grosor de 7.8 μm a 19.4 μm ; Gómez-Sánchez, *et al.*

(2011) encontraron grosores de 4.3 μm a 8 μm , probablemente porque ellos lo midieron en varias especies de *Phoradendron*. Y al igual que Sosa (2003) y Dettke y Milaneze-Gutierre (2007) la cutícula es gruesa y lisa (Figura 2), algo que solamente se había descrito en peciolo de *Phoradendron mucronatum* (Dettke y Milaneze-Gutierre, 2007) y en tallo de *Phoradendron liga* (Varela, *et al.*, 2008). No se observó la cutícula estriada de algunas especies Argentinas de *Phoradendron* (Sosa, 2003).

La epidermis, al igual que Gómez SM *et al.* (2011) es uniseriada; ellos midieron espesor y nosotros evaluamos área. El mesófilo homogéneo fue igual al de *P. mucronatum* (Dettke y Milaneze Gutierre, 2007), al del muérdago europeo *Viscum album* (Varela y Gurni 1995) y a *P. carneum*, *P. forestierai* y *P. brachystachyum* (Gómez SM *et al.* 2011).

Los casquetes de fibras asociados a los haces vasculares (Sosa, 2003; Varela y Gurni, 2003) no se observaron en *P. densum*, sin embargo si se observaron gruesos tubos del xilema. Las drusas presentes en *P. densum* coincidieron con las de *P. mucronatum* (Dettke y Milaneze Gutierre, 2008), *P. carneum*, *P. forestierai* y *P. brachystachyum* (Gómez Sánchez, *et al.* 2011). Igualmente en los tres haces vasculares coincidimos con Dettke y Milaneze Gutierre, 2008.

Skipp *et al.*, (1995) citado por Deeks *et al.*, (2002), obtuvieron muestras de callo para microscopía de luz con los hongos que encontraron en tallos, bayas, brotes e hinchamientos sintomáticos de muérdago enano colectados en Duncan, Columbia Británica, en 1996, y observaron a los 2, 3 y 7 días de postcontacto entre el de *C. gloeosporioides* y tejidos del callo, hinchazón formando una vesícula de infección, después cambios estructurales y fisiológicos en las células del huésped, aumentando la masa del citoplasma y luego reduciendo en densidad, también aumento en permeabilidad

de membrana plasmática, cesación del flujo citoplásmico, ruptura del tonoplasto y membrana plasmática. Aunque nosotros trabajamos con otro hongo en otra planta parásita coincidimos con estos síntomas en *P. densum*.

La anatomía foliar de la hoja de *P. densum* está hecha de xilema lignificado grueso, drusas que le sirven de defensa y papilas epidérmicas que se observaron mediante SEM y atribuibles a la toxina AM que induce vesiculación en los gránulos del cloroplasto por la defensa de la planta (Otani *et al.*, 1995; Takashi Tsuge *et al.*, 2013 y Pratibha Sharma, *et al.*, 2014). }

Conclusiones. El hongo *A. alternata* produce daños morfoanatómicos alterando la estructura normal del tejido del muérdago, produciendo una necrosis severa, por lo que probablemente tenga potencial como agente de biocontrol para estas plantas parásitas.

Referencias

- Alvarado, R.D., Saavedra, R.L.L., y Y. Franco I. 2016. Análisis de la información obtenida en el remuestreo nacional y estatal 2013 del INFyS de los indicadores de la condición de salud de los bosques y selvas en 14 entidades federativas de México. Informe técnico. Comisión Nacional Forestal. México. 259 p.
- Alvarado, R. D y Saavedra, R.L, Editores 2017. Memorias del Foro Nacional Las Plantas Parásitas en México, 10 y 11 de Octubre 2016, colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Contreras Ruiz, C. 2017. Alternativas de control biológico y químico del muérdago verdadero *Struthanthus interruptus* (Kunth.) G. Don (Tesis de Maestría en Ciencias) colposdigital.colpos.mx.

- Cheng J., Song N., y Wu J. 2019. A patatin-like protein synergistically regulated by jasmonate and ethylene signaling pathways plays a negative role in *Nicotiana attenuata* resistance to *Alternaria alternata*. *Plant Diversity*, 41 (1), 7-12. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2018.12.001>
- D'Ambrogio de A. A. 1986. Manual de técnicas en histología vegetal. Hemisferio Sur, Buenos Aires, 83.
- Deeks, S. J., Shamoun, S. F. y Punja, Z. K. 2002. Histopathology of callus and germinating seeds of *Arceuthobium tsugense* subsp. *tsugense* infected by *Cylindrocarpon cylindroides* and *Colletotrichum gloeosporioides*. *International Journal of Plant Sciences*, 163(5), 765-773.
- Dettke, G. A. y M. A. Milaneze G. 2008. Estudo anatômico dos órgãos vegetativos da hemiparasita *Phoradendron mucronatum* (DC.) Krug & Urb. (Viscaceae). *Revista Brasileira de Biociências* 5:534-536.
Doi: 10.1111/j.1365-3059.2004.01099.x
- Gómez S. M., Sánchez-F. L. J. y Salazar O. L. A. 2011. Anatomía de especies mexicanas de los géneros *Phoradendron* y *Psittacanthus*, endémicos del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1203-1218.
- Hernández P. S. 2015. Búsqueda de agentes de control biológico en muérdago del género *Arceuthobium* (Master's thesis). Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.
Texcoco Edo. de México. 100 p.
- Nakatsuka, S. I., Ueda, K., Goto, T., Yamamoto, M., Nishimura, S. y Kohmoto, K. 1986. Structure of AF-toxin II, one of the host-specific toxins produced by

- Alternaria alternata* strawberry pathotype. Tetrahedron Letters, 27(24), 2753-2756. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(00\)84635-3](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(00)84635-3)
- Otani, H., Kohmoto, K. y Kodama, M. 1995. *Alternaria* toxins and their effects on host plants. Canadian Journal of Botany, 73(S1), 453-458. <https://doi.org/10.1139/b95-282>
- Pratibha S., Swati D., Dinesh S. B., Manika S. y P. Chowdappa. 2014. Penetration and Infection Processes of *Alternaria brassicicola* on Cauliflower leaf and *Alternaria brassicae* on Mustard Leaf: A Histopathological Study. Plant Pathology Journal, 13: 100-111. DOI: 10.3923/ppj.2014.100.111
- Puente M. G. C., Sánchez A. A., Galindo C. M. E., Sánchez P. S. R., Padrón E. C. y Hernández, B. O. 2013. Incidencia y Severidad de *Phoradendron* spp., en la Sierra de Arteaga, Coah., México. Revista Agraria 10(1), 37-42.
- R Core Team. 2013. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Saavedra R.L., Alvarado R. D Patricia, Martínez T., Mora A. G. y Villa C. J. 2016. Condición de copa, indicador de salud en árboles urbanos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México. Madera y Bosques, 22(2), 15-27. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.2221321>
- Sosa, M. D. L. M. 2003. Anatomía foliar de Loranthaceae (sensu lato). Resumen B-026, Corrientes, Argentina: Universidad Nacional del Nordeste, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.
- Takashi T., Yoshiaki H., Kazuya A., Kouhei O., Motoichiro K., Yasunori A., Mayumi E., Mikihiro Y., Hiroshi O. 2013. Host- selective toxins produced by the plant

pathogenic fungus *Alternaria alternata*, FEMS Microbiology Reviews, 37(1), 44–66.

<https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2012.00350.x>

Varela, B. G. y Gurni, A. A. 1995. Anatomía foliar y caulinar comparativa del muérdago criollo y del muérdago europeo. Acta Farmacéutica Bonaerense, 14(1), 21-29.

Varela, B. G., Borri, K., Ganopol, M. J. y Gurni, A. A. 2008. Aplicación del índice de estomas y de la diafanización foliar en la identificación de especies de muérdagos argentinos pertenecientes a Loranthaceae. Latin American Journal of Pharmacy, 27, 28-33.

Varela, B. G., y Gurni, A. A. 2003. Análisis micrográfico de dos hemiparásitas argentinas usadas en medicina popular y su aplicación en el control de calidad. Acta Farmacéutica Bonaerense, 22(1), 45-52.

Varga, I., Taller, J., Baltazár, T. 2012. Leaf-spot disease on European mistletoe (*Viscum album*) caused by *Phaeobotryosphaeria visci*: a potential candidate for biological control. Biotechnology Letter, 34, 1059–1065
<https://doi.org/10.1007/s10529-012-0867-x>

Watson D. M. 2001. Mistletoe- a Keystone resource in forests and woodlands worldwide. Annual Review of Ecology and Systematics 32, 219- 249. doi: 10.1146/annurev. ecol.sys.32.081501. 114024

Wilkinson H. 1979. The plant surface (mainly leaf). In: C.R. Metcalfe y L. Chalk (ed). Anatomy of dicotyledons. Clarendon Press. 1:97-165.

Tabla 1.- Prueba de Tukey para rango múltiple de medias de necrosis (%) del muérdago durante el primer muestreo para cámaras húmedas a los siete días DDA en campo.

TRATAMIENTOS						
Días de incubación	Testigo sin cubierta (%)	Testigo con cubierta (%)	10 ⁶ sin cubierta (%)	10 ⁷ sin cubierta (%)	10 ⁶ con cubierta (%)	10 ⁷ con cubierta (%)
1	0.8 a	1.87 ab	6.62 ab	9.29 ab	4.56 ab	13.53 b
2	0.5 ab	3.18 ab	8.27 ab	16.43 ab	7.25 ab	17.62 ab
3	0.5 ab	3.18 ab	12.32 ab	23.31 ab	9.76 ab	27.92 ab

La necrosis se expresa en porcentaje de cobertura de lesiones en las hojas y tallos. Los valores agrupados con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, a un nivel de significancia de 0.05.



Figura 1. Muérdago siete días DDA en campo con el tratamiento 1×10^7 A. con cubierta, necrosado; B, testigo sin cubierta, sano.

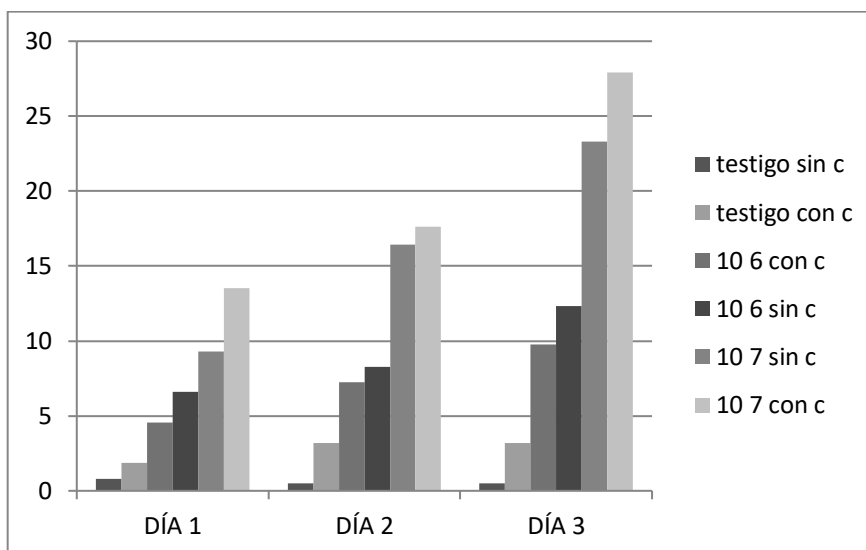


Figura 2. Crecimiento de necrosis en el muérdago dado en porcentaje causada por *A. alternata* en el muestreo para cámaras húmedas a los siete días DDA en campo.

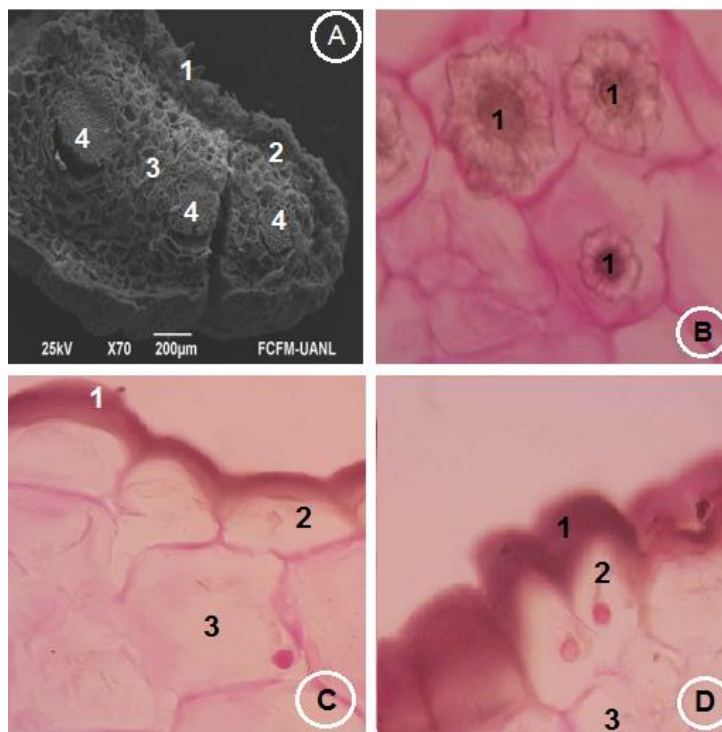


Figura 3. Anatomía foliar de *P. densum* con y sin infecciones de *Alternaria alternata*. A, tejido sano observado en microscopio electrónico de barrido (SEM).- 1=Cutícula, 2=Epidermis, 3=Parénquima y 4=Haces vasculares. B-D, cortes transversales a 400X en microscopio óptico, tinción de fucsina. B.- Tejido sano.- Parénquima con Drusas (1). C.- Muérdago sano 1=Cutícula, 2= Epidermis, 3=Parénquima. D.- Muérdago infectado 1= Cutícula, 2=Epidermis, 3=Parénquima. Se observa un notable engrosamiento de la cutícula (1).

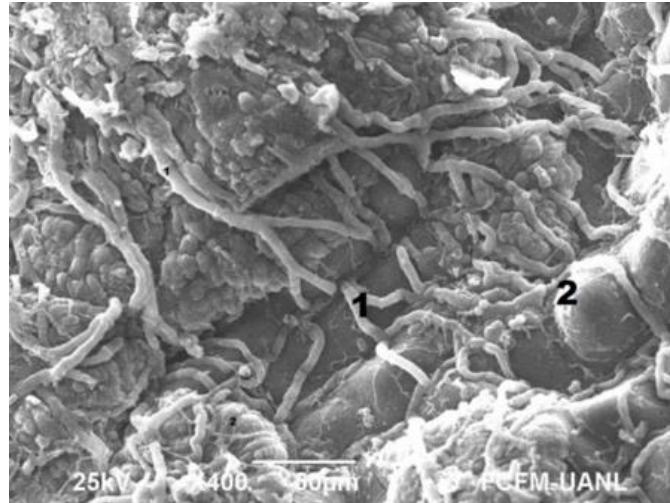


Figura 4. Cutícula de hoja de *P. densum* visto al microscopio electrónico de barrido. En la superficie se pueden observar las hifas del *A. alternata* (1) y las papilas de *P. densum* (2). Comparar con Figura 1 A. Barra = 50 µm.

Artículo Tres



SOUTHWESTERN ENTOMOLOGIST

(USPS 324050)

Published by

THE SOCIETY OF SOUTHWESTERN ENTOMOLOGISTS EDITORIAL
COMMITTEE

Bonnie B. Pendleton, Editor

Carlos A. Blanco, Associate Editor (Spanish)

Santiago Domínguez-Monge (22)

Edgardo Cortez (23) Justin Talley (24)

Scott Bundy (25) John Goolsby (26)

SCIENTIFIC NOTE

***Cionomimus insolens*¹ and *Anthonomus phoradendrae*¹ Associated with Mistletoe, *Phoradendron densum*², at Arteaga, Coahuila, Mexico**

María Paz-Ponce³, Yolanda Rodríguez-Pagaza³, Oswaldo García-Martínez³, Macotulio Soto-Hernández^{4*}, José Ángel Villarreal-Quintanilla⁵, Sergio R. Sánchez-Peña³ and Alberto Flores Olivas³

Abstract. *Anthonomus phoradendrae* Anderson and *Cionomimus insolens* (Dietz) were collected at Sierra de Zapalinamé, Arteaga, Coahuila, México, from mistletoe plants, *Phoradendron densum* Torr. Ex Trel. (Santalaceae), which is hemiparasitic on *Juniperus angosturana* R.P. Adams and *Juniperus flaccida* Schlechtendal at Sierra Madre Oriental.

Resumen. Se recolectaron *Anthonomus phoradendrae* Anderson y *Cionomimus insolens* (Dietz) en la Sierra de Zapalinamé de Arteaga, Coahuila, México, en plantas del muérdago *Phoradendron densum* Torr. ex Trel., de la familia Santalaceae, planta hemiparásita en *Juniperus angosturana* R.P. Adams y *Juniperus flaccida* Schlechtendal en la Sierra Madre Oriental.

Phoradendron densum (Torr.) Eichl (= *P. pauciflorum* Torr.; = *P. saltillense* Trel.) (Santalaceae), commonly known as dense mistletoe, is a hemiparasitic plant on junipers (*Juniperus angosturana* and *Juniperus flaccida*). These are common trees in the Sierra de Zapalinamé, part of the Sierra Madre Oriental at the State of Coahuila, Mexico. *P. densum* frequently causes severe damage to hosts.

A collection was made on 13 September 2019 at 25° 14' 51.8" N, 100° 54' 32" W, 2,025 m above sea level; near Puerto Chapultepec, Arteaga, Coahuila. The site is a forest area with subalpine and submontane scrub vegetation. Several *P. densum* plants were collected from *J. angosturana* trees.

¹Coleoptera: Curculionidae

²Santalales: Santalaceae

³Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, 25315 México

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Sitio Experimental Zaragoza; (INIFAP-CIRNE). Carretera Zaragoza-Ciudad Acuña km 21.5, Zaragoza, Coahuila 26450, México.

⁵Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, 25315 México

*Corresponding author: ssherdez@gmail.com

Plants were examined on the same date. The mistletoes had whitish, ripe fruit. Ten active Curculionidae adults were observed and collected on plants (Fig. 1). The specimens were sacrificed in ethyl acetate, mounted with entomological pins and identified using keys of Anderson (1994) and Soto et al (2013).

Anthonomus phoradendrae Anderson (nine specimens) and *Cionomimus insolens* (Dietz) (one specimen) (Curculionidae, Curculioninae, Anthonomini) were identified. *Cionomimus insolens* is a new report for the host plant and the State of



Fig.1. Lateral view of curculionids from *Phoradendron densum* at Sierra de Zapalinamé, Arteaga, Coah. Mex. A) *Cionomimus insolens*, B) *Anthonomus phoradendrae*.

Coahuila, Mexico. All *Cionomimus* species except *C. clarki* are associated with species of *Phoradendron*. *Cionomimus* are distributed from southern Oregon to Baja California, western Mexico, then east through southern Arizona to southwestern Texas, and south through Mexico to Argentina. *A. phoradendrae* was registered by García et. al. (2021), but they did not identify its host plant. We confirmed it is associated with *P. densum*. Most *Anthonomus* have larvae that feed in reproductive structures of the host plant (Burke 1981).

In 1994, Anderson described New World weevil fauna associated with the parasitic plant family Viscaceae (now in Santalaceae), this fauna consisting of 24 species in eight genera of four tribes of Curculionidae, including three new species of *Anthonomus* from southern Mexico: *A. brachyrhinus*, *A. guerreroensis*, and *A. phoradendrae*; also, five new species of *Cionomimus*: one for Venezuela, *C. clarki* (not associated with *Phoradendron*) and the others from Mexico: *C. burkei*, *C. grossus*, *C. obrieni*, and *C. woodi*. Anderson (1997) described five new species of Anthonomini associated with *Phoradendron*: three new species of *Smicraulax* Pierce (*S. nigrinus*, *S. otidocephaloides* and *S. ephipiatus*) and two new species of *Cionomimus*: *C. hansonii* from Costa Rica (not associated with *Phoradendron*) and *C. bimaculatus* from Panama. There are 11 species in the genus.

In México, the host plant *P. densum* is distributed in the States of Baja California, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, and Sonora. The genus *Juniperus* is distributed in most montane areas of the country (Villaseñor 2016). These weevil species could be present in these states also.

References Cited

- Anderson, R. S. 1994. A review of New World weevils associated with Viscaceae (mistletoes [in part] including descriptions of new genera and new species (Coleoptera: Curculionidae). *J. Nat. Hist.* 28: 435-492.
- Anderson, R. S. 1997. New species and new records of *Smicraulax* Pierce 1908 and *Cionomimus* Marshall 1939 from Central America (Curculionidae Curculioninae Anthonomini), *Tropical Zoology* 10: 255-270. DOI: 10.1080/03946975.1997.10539341
- Burke, H. R. 1981. Review of the genus *Cionomimus* Marshall with descriptions of two new species (Coleoptera: Curculionidae). *Southwest. Entomol.* 6: 174-183.
- García-Martínez, O., M. Soto-Hernández, S. Ordaz-Silva, and D. S. Ordaz-Ontiveros. 2021. Weevils (Coleoptera: Curculionidae) of Coahuila de Zaragoza, México. *Southwest. Entomol.* 46: 947-956.
- Soto, H. M., R. W. Jones, and C. P. Reyes. 2013. A key to the Mexican and Central America Genera of Anthonomini (Curculionidae, Curculioninae), *Zookeys* 260: 31-47.
- Villaseñor, R. J. L. 2016. Check list of the native vascular plants of México. *Rev. Mex. Biodiversidad* 87: 559-902.

Conclusión General

1.- Los hongos de este estudio, según los resultados, afectan a los muérdagos, pero no afectan a las especies de árboles.

2.- El hongo *A. alternata* produce daños morfoanatómicos alterando la estructura normal del tejido de muérdago, produciendo una necrosis severa.

De acuerdo a los dos puntos anteriores, siendo los árboles las especies predominantes en los bosques estudiados, probablemente los hongos fitopatógenos asociados al muérdago, especialmente *A. alternata*, puedan fungir como agentes potenciales de control biológico para estos parásitos vegetales.

3.- Los insectos encontrados son dos especies de Curculionidos: *Cionomimus insolens* y *Anthonomus phoradendrae*. El primero nuevo reporte para *Juniperus* en el estado de Coahuila.

Referencias

- Abad G. (2002), Identificación de Fitopatógenos asociados a semillas mediante técnicas utilizadas por Plant Pathogen Identification Laboratory, Dept. of Plant pathology North Carolina State University. Primer Taller Internacional sobre “Identificación de Hongos y Stramenopilas Transmitidos por Semilla”, Texcoco, México.
- Abbiatti D., 1946. Las lorantáceas argentinas. Revista del Museo de la Plata, Nueva serie, Sección Botánica, Vol 7 No. 28.
- Adams, D. H.; Frankel, S.J.; Lichter, J:M: 1993. Considerations when using ethephon for suppressing dwarf mistletoe and leafy mistletoe infestations in ornamental landscapes. Journal of Arboriculture. 19(6): 351-357.
- Agrios, G.N, 2005, fitopatología, 2da edición. México, Limusa, 952 p.
- Amaro-Romualdo J. 2013. Identificación, incidencia y severidad del muérdago *Phoradendron bolleanum* (Seem) Eichlr sobre *Cupressus arizonica* (Greene) en Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 42p.
- Anderson, R. S. 1994. A review of New World weevils associated with Viscaceae (mistletoes [in part] including descriptions of new genera and new species (Coleoptera: Curculionidae). J. Nat. Hist. 28: 435-492.
- Bañuelos BJJ y Mayek PN. 2008. Evaluación no destructiva de la patogenicidad de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Revista Mexicana de Fitopatología 26: 71-75.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v26n1/v26n1a11.pdf>
- Barnett HL, Barry B. Hunter (1998), “Illustrated genera of Imperfect Fungi” Fourth Edition, APS PRESS, The American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota, 218p.

- Bernal M. E., 2010. El muérdago, planta hemiparásita: ciclo biológico, daños y métodos de control. D. G. A. Unidad de Sanidad Forestal. Zaragoza.
- Cibrián, T.D., D, Alvarado R. y S. E. García D. (Eds.) 2007, Enfermedades forestales en México/Forest Diseases in Mexico. Universidad Autónoma Chapingo; CONAFOR- SEMARNAT, México; Forest Service USDA, EUA; NRCAN Forest Service, Canadá y Comisión Forestal de América del Norte, COFAN, FAO. Chapingo, México. 587 p.
- Fonseca R. M. 2006 *Juniperus*, la ginebra, el incienso, los lápices y los repelentes. Revista Ciencias de la UNAM. No. 81 pp. 44-47.
- FRA 2010 Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. Informe Nacional México, Departamento Forestal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, DNA. Nucleic Acids Research 8 (19): 4321-4326.
- Frankel, S. and D. Adams. 1989. Etephon test for dwarf mistletoes in California. In: Proceedings of the 36th Annual Western International Forest Disease Work Conference. Park City, UT. USA. pp. 41-42.
- Hawksworth F. G. and Scharpf R. F. (1974), Mistletoes on hardwoods in the United States; Rocky Mt. Forest and Range Experimental Station, Ft. Collins, Colorado; Forest Pest Leaflet 147. U.S. Government Printing Office: 1974 O-547-468. 7p.
- Hawksworth, F. G. y Scharpf R. F. (1980), Phoradendron on coníferas. Department of Agriculture Forest Service.
- Hawksworth, F.G.; Scharpf, R.F.; tech. coords. 1984. Biology of Dwarf Mistletoes, Proceedings of the Symposium; Fort Collins, CO. General Technical Report RM-111. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 131 p.

- Hernández Cuevas, L.V. 1991. Los muérdagos (Loranthaceae) de la Región Central del Estado de Tlaxcala. Publ. 4 Tizatlán, Tlaxcala: Jardín Botánico de Tizatlán. 38p.
- Izco, J. & al. (1997). Botánica. Ed. McGRAW-HILL-INTERAMERICANA. Madrid
- Mark, W. R.; Hawksworth, F.G.; Oshima, N. 1976. Resin Disease: A new Disease of Lodgepole pine dwarf mistletoe. Canadian Journal of Forest Research. 6: 415-424.
- Marroquín J. 1976. Vegetación y florística del noreste de México. I. Aspectos sinecológicos en Coahuila. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 37:69-102.
- Murray and W. F. Thompson, 1980. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. Nucleic Acids Research 8 (19); 4321-4325.
- Neergaard (1977), Seed Pathology, Volume I y II, John Wiley & Sons New York 200-217
- Ocaña Hernández B., Sánchez Arizpe A., Padrón Corral E., Galindo Cepeda M. E., Cepeda Puente G. 2010. Identificación, Incidencia y Severidad del Muérdago (*Phoradendron* spp) en los cañones de los Chorros, Huachichil la Carbonera, de la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 42 pp.
- Posso Duque Duina, Thaura Ghneim Herrera. 2009. Uso de Marcadores Microsatélites para la Estimación de Diversidad Genética en Plantas. Ediciones IVIC.

- Quick, C.R. 1963. Chemical Control Unit. IX Leafy mistletoes (*Phoradendron* spp). In: Proceedings 10th Western International Forest Disease Work Conference; 1962 October 15-19; Victoria, Alberta (sic); V. ECOL.SYS.32.081501. 114024 1969. Chapter 2: The Mistletoes. In The Biology of Parasitic Flowering Plants. The University of California Press, Berkeley, CA pp. 13-52.
- R Core Team 2013. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rzedowski J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México.
- Rzedowski, J. y Calderón de Rzedowski, G. (2011). Flora del Bajío y regiones adyacentes. Viscaceae. Fascículo 170, Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán-México.
- SEMARNAT 2016. Anuario estadístico de la producción forestal. México. 225p.
- Soto, H. M., R. W. Jones, and C. P. Reyes. 2013. A key to the Mexican and Central America Genera of Anthonomini (Curculionidae, Curculioninae), Zookeys 260: 31-47.
- Vázquez-Collazo T. and Geils B.W. 2002. *Psittacanthus* in Mexico. In: Geils B.W., Cibrián-Tovar J. and Moody B. Eds. Mistletoes of North American Conifers, pp. 9-17, Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden.
- Vázquez-García, J. A., Muñiz-Castro, M. A., Nieves-Hernández, G., Acevedo-Rosas, R., González-Gallegos, J. G., & Valenzuela-Zapata, A. G. (2012). Muérdagos y otras plantas parásitas de los estados de Jalisco y Colima, México: Diversidad y Abundancia. Recursos forestales en el occidente de México: Diversidad, manejo, producción, aprovechamiento y conservación. Serie Fronteras de Biodiversidad, 4(1), 101-130.

Villarreal J. A. 2001. Listados Florísticos de México. XXII Flora de Coahuila. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 137p.

Watson D. M. 2001), Mistletoe- a Keystone resource in forests and woodlands worldwide. Annual Review of Ecology and Systematics 32, 219- 249. DOI: 10.1146/ANNURE