

IDENTIFICACIÓN, INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL MUÉRDAGO
***Phoradendron* spp EN LA SIERRA DE ARTEAGA, COAHUILA.**

MARÍA GUADALUPE CEPEDA PUENTE

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOGÍA AGRÍCOLA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

IDENTIFICACIÓN, INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE MUÉRDAGO *Phoradendron*
spp EN LA SIERRA DE ARTEAGA, COAHUILA.

Presentada por:

MARÍA GUADALUPE CEPEDA PUENTE

TESIS

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como
requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

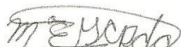
COMITÉ PARTICULAR:



M.C. Abiel Sánchez Arizpe
Asesor principal



M.C. Emilio Padrón Corral



M.C. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda
Asesor



Dr. Sergio R. Sánchez Peña
Asesor



Dr. Fernando Ruiz Zárate
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2011

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Sergio Cepeda Guerra

Ma. Guadalupe Puente Cavazos

Por estar presentes siempre en cada momento de alegría y de tristeza, de éxito y de fracaso siempre impulsándome a salir adelante con amor. Ustedes han sido mi fortaleza, mi apoyo y mis guías a lo largo de mi vida, pero sobre todo mi más grande y mejor ejemplo de vida, de amor, de unión, de integridad, de familia. No hay palabras que describan el amor y el respeto que siento por Ustedes y de lo orgullosa y afortunada que me siento de ser su hija. Ustedes son, por mucho, las mejores personas que he conocido. Haré lo posible por que siempre se sientan orgullosos de mi.

A MIS HERMANAS

Ana Laura Cepeda Puente

Gabriela Cepeda Puente

Por ser no solo de unas excelentes hermanas, si no también, mis amigas, mis confidentes y cómplices; mis compañeras de juego, de cuarto, de peleas, de risas. Siempre me han apoyado en cada una de mis decisiones y

siempre me han acompañado en cada evento de mi vida. Siempre juntas, las quiero hermanas.

A MIS SOBRINAS

**Ana Laura de León Cepeda, Ana Sofía de León Cepeda, Renata Ponce
Cepeda y Natalia Ponce Cepeda**

Ustedes han sido mi alegría, la causa de mis risas aún en los momentos malos. Son mi recarga de energía y me han llenado de momentos felices. Cada una tan diferente y peculiar, y cada una tan hermosa y maravillosa. Son mis niñas, mis amores, mi debilidad. Las amo con el alma la vida y el corazón.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por ser mi fortaleza en todo momento. Por llenarme de bendiciones y esperanzas, y sobre todo por darme el mejor regalo: Mi Familia.

A mis padres, **Sergio Cepeda Guerra** y **Ma. Guadalupe Puente Cavazos**, por apoyarme incondicionalmente y, a pesar de mis errores, darme siempre su amor y su sostén. Gracias por levantarme en cada caída y por celebrar cada éxito. Gracias por estar presentes en cada momento de mi vida. Gracias por ser mis animadores # 1.

Al **M.C. Abiel Sánchez Arizpe** por su amistad y por darme la oportunidad de trabajar en conjunto en este proyecto de investigación. Por su apoyo en la realización y culminación de este proyecto. Gracias por la confianza que depositó en mi.

A la **M.C. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda** por su disposición para la revisión de este trabajo y su amistad y facilidades otorgadas para la culminación del mismo.

Al **M.C. Emilio Padrón Corral** por su aporte y apoyo en los diseños estadísticos para el desarrollo de este proyecto.

A mis amigas, **Miriam Desireé Dávila, Ma. Cristina Dávila y Grecia de Luna**, por ser mi familia y mi apoyo en Saltillo, sin su amistad no habría podido sobrellevar mi estancia en esta ciudad.

A mis amigos y compañeros, **Pedro A. Cerda, Rigoberto Jiménez y Francisco Castillo**, por brindarme su amistad y su ayuda siempre que la necesite.

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE GENERAL	i
INDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Antecedentes.....	5
Muérdago.....	7
Descripción del Género <i>Phoradendron</i>	10
Posición taxonómica.....	12
Biología.....	13
Fisiología de la infección.....	14
Infección.....	14
Polinización.....	16
Dispersión.....	16
Ciclo de vida del muérdago.....	17
Condiciones para el establecimiento del muérdago.	20
Fisiología hospedero-parásito.....	20
Ecología hospedero-Parásito.....	21
Daños y síntomas causados por los muérdagos.....	22
Especies reportadas para la sierra de Arteaga.....	25
Importancia.....	25

Manejo del muérdago	28
Control cultural.....	28
Control biológico.....	29
Control químico.....	29
Control legal.....	30
Como plaga forestal.	30
Hospederos del muérdago.....	32
ARTÍCULO CIENTÍFICO	36
Identificación, Incidencia y Severidad de <i>Phoradendron</i> spp. en la Sierra de Arteaga, Coah.....	36
RESULTADOS	51
Posibles agentes de biocontrol.....	51
CONCLUSIONES GENERALES	55
LITERATURA CITADA	57
APÉNDICES	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Sistema endofítico.....	15
Figura 2. Ciclo de vida del muérdago.....	19
Figura 3. Muérdago enfermo. Muestra lesiones por <i>Glomerella</i> sp.....	51
Figura 4. <i>Glomerella</i> sp atacando a <i>Phoradendron lanceolatum</i>	52
Figura 5. Muérdago enfermo con síntomas causados por <i>Cytopora</i> sp.....	52
Figura 6. <i>Cytopora</i> sp. atacando a) <i>Phoradendron lanceolatum</i> b) <i>Phoradendron densum</i>	53
Figura 7. Muérdago muerto parasitando Encino.....	53
Figura 8. Espora de Dematiaceae aislado de <i>Phoradendron</i> spp.....	54

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Superficie forestal afectada por muérdago del año 1990 al 2008 en el estado de Coahuila, los años de ausencia del dato es porque el estado no reportó información.....	6
Cuadro 2. Manejo de muérdago según el grado de infección.....	31
Cuadro 3. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo en Los Lirios y Jamé en la Sierra de Arteaga, Coah.....	63
Cuadro 4. Datos de incidencia por cada sitio de muestreo en Los Lirios y Jamé en la Sierra de Arteaga, Coah.....	65
Cuadro 5. Datos de severidad por cada sitio de muestreo en Los Lirios y Jamé en la Sierra de Arteaga, Coah.....	66
Cuadro 6. Análisis de varianza de incidencia por especie en Los Lirios en la Sierra de Arteaga, Coah. con datos corregidos $\sqrt{n+3}$	67
Cuadro 7. Análisis de varianza de incidencia por especie en Jamé en la Sierra de Arteaga, Coah. con datos corregidos $\sqrt{n+3}$	67

Cuadro 8.	Análisis por rangos (no paramétrico) de la severidad por especies en Los Lirios, con arreglo factorial AxB usando una extensión de la prueba de Kruskal y Wallis.....	68
Cuadro 9.	Análisis por rangos (no paramétrico) de la severidad por especies en Los Lirios, con arreglo factorial AxB usando una extensión de la prueba de Kruskal y Wallis.....	68
Cuadro 10.	Datos de incidencia por cada sitio de muestreo en los cañones de Los Chorros, Huachichil y la Carbonera en la sierra de Arteaga, Coahuila.....	69
Cuadro 11.	Datos de severidad por cada sitio de muestreo en los cañones de Los Chorros, Huachichil y la Carbonera en la sierra de Arteaga, Coahuila.....	70
Cuadro 12.	Análisis de varianza de incidencia por especie en los cañones de Los Chorros, Huachichil y la carbonera en la sierra de Arteaga, Coahuila con datos corregidos $\sqrt{n+1}$	71
Cuadro 13.	Análisis por rangos (no paramétrico) de la severidad por especies los en los cañones de Los Chorros, Huachichil y la carbonera, en la sierra de Arteaga, Coahuila con arreglo factorial AxB usando una extensión de la prueba de Kruskal y Wallis.....	71

INTRODUCCIÓN

Los muérdagos de la familia Loranthaceae y Viscaceae son las plantas vasculares parásitas más importantes de las coníferas en Canadá, Estados Unidos y México. Especies del género *Psittacanthus*, *Phoradendron*, y *Arceuthobium* causan los impactos económicos y ecológicos más grandes (Gails *et. al.* 2002). El muérdago causa pérdidas anuales de 11.3 millones de m³ de madera en el oeste de EUA y 3.8 millones de m³ en el oeste de Canadá. Las pérdidas en EUA son de 1.4 billones de dólares suficientes para construir 1,000,000 de casas por año (Worrall *et. al.* 2006). El género *Phoradendron* incluye cerca de 250 especies, que se encuentran en zonas tropicales y templadas de América. Dentro de los hospederos se incluyen varios géneros de coníferas, muchas gimnospermas arbóreas, arbustos, y otros muérdagos.

México es uno de los cinco países con mayor diversidad biológica en árboles forestales del mundo junto, con Brasil, Colombia e Indonesia. Además ocupa los primeros lugares en cuanto a diversidad biológica mundial. Villers *et. al.* (1998) señalan que en cuanto a bosques de pino-encino. México es también uno de los más diversos ya que cuenta con 55 especies de pinos, 85% de los cuales son endémicos de México. Por esta razón la conservación y

protección de la biodiversidad de estos ecosistemas es importante a nivel nacional.

Las principales especies maderables existentes en el país, tanto por la superficie que cubren, como por su importancia económica, son las correspondientes a los géneros de *Pinus* y *Quercus*, de las cuales se obtienen en términos de volumen aproximadamente el 85% de la producción nacional maderable. El crecimiento anual de la masa forestal se estima en 30 millones de m³ (CONAFOR, 2004).

De acuerdo con los resultados preliminares del Inventario Nacional Forestal (2000), la situación del país es crítica. Cada año se deforestan 600 mil hectáreas anuales, ocupando el segundo lugar de deforestación a nivel mundial, superado solamente por Brasil.

Actualmente, la superficie forestal afectada por diversas plagas y enfermedades (insectos descortezadores, defoliadores, etc.) es del orden de las 11,802 hectáreas, por plantas parásitas (muérdagos) se estima que asciende a 1.8 millones; se ha detectado principalmente en las áreas urbanas de 24 estados la presencia del psílido del eucalipto (insecto introducido de California E.U.A.), y existen 6,500 hectáreas afectadas por el declinamiento del encino principalmente en 4 estados del centro-occidente del país . Del total del recurso forestal afectado en el periodo en cuestión, casi el 37% correspondió a plantas parásitas (muérdagos), seguido por los insectos descortezadores con un 27%,

el restante 36% agrupa afectaciones por defoliadores, barrenadores y otros agentes (CONAFOR, 2003).

Plascencia *et. al.* (2007) mencionan que en México las plantas parásitas representan el tercer agente de destrucción de los bosques de clima templado frío, después de los incendios e insectos descortezadores. Por causa del parasitismo se pierde 1.04 m³ / año / ha. lo que afecta directamente la productividad de los rodales. Otro daño que causan es el debilitamiento de las masas arboladas, las cuales son susceptibles al ataque de plagas y otras enfermedades; de manera directa e indirecta reduce en gran medida la capacidad de regeneración de las especies forestales que son atacadas por dichas plantas parásitas.

En Coahuila las áreas boscosas cobran gran importancia desde el punto de vista hídrico, edáfico, faunístico y recreativo. Los cañones Jamé, Los Lirios, Huachichil, Los Chorros y Carbonera en la Sierra de Arteaga, Coah. presentan bosques con una asociación principal de pino-encino. Además existe otro tipo de vegetación, el chaparral, que se constituye principalmente por especies de encinos y que es común en áreas de transición entre zonas áridas y zonas templadas. Este tipo de vegetación presenta hospederos específicos de algunas especies de *Phoradendron*.

OBJETIVOS

- Identificar las especies del género *Phoradendron* que se encuentran parasitando los árboles, y sus hospederos en la zona de la Sierra de Arteaga, Coah.
- Determinar la incidencia y severidad de las diferentes especies de muérdago sobre sus hospederos.
- Identificar posibles agentes de biocontrol de *Phoradendron* spp.

REVISIÓN DE LITERATURA

Antecedentes

Maloney y Rizzo (2002) determinaron un patrón espacial de muérdago (*Arceuthobium* spp.) asociado con dos coníferas hospederas distintas, *Abies concolor* y *Pinus jeffreyi*, en los bosques de Sierra Nevada, para esto realizaron estudios de incidencia y severidad utilizando el método de 6 clases de Hawksworth. Encontraron mayor incidencia de muérdago en *Pinus jeffreyi*, la cual está correlacionada con la densidad del hospedero.

Se encuentran trabajos de epidemiología, biología y manejo del muérdago en Estados Unidos, como el realizado por Robinson y Gails (2006), quienes describieron un modelo conceptual y numérico que representa la epidemiología del muérdago en tres diferentes escalas. Primero, historia de vida, segundo, balística y finalmente contagio; así como el realizado por Mathiasen *et. al.* (2008), en el cual elaboraron una amplia y detallada descripción de la biología, ecología, sistemática y manejo del muérdago.

Actualmente existen serios problemas asociados a la conservación de los recursos genéticos forestales como lo son los incendios, deforestación y el ataque de plagas y enfermedades alas diferentes áreas de boscosas del país.

Actualmente, la superficie forestal afectada por diversas plagas y enfermedades (insectos descortezadores, defoliadores, etc.) es del orden de las 11,802 hectáreas, por plantas parásitas (muérdagos) se estima que asciende a 1.8 millones; se ha detectado principalmente en las áreas urbanas de 24 estados la presencia del psílido del eucalipto (insecto introducido de California E.U.A.), y existen 6,500 hectáreas afectadas por el declinamiento del encino principalmente en 4 estados del centro-occidente del país . Del total del recurso forestal afectado en el periodo en cuestión, casi el 37% correspondió a plantas parásitas (muérdagos), seguido por los insectos descortezadores con un 27%, el restante 36% agrupa afectaciones por defoliadores, barrenadores y otros agentes (CONAFOR, 2003).

Cuadro1: Superficie forestal afectada por muérdago del año 1990 al 2008 en el estado de Coahuila, los años de ausencia del dato es porque el estado no reportó información.

Año	1992	1994	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Superficie con diagnostico (Ha)	165,196	1,515	4,000	3,200	7,287	14,999	17,364	15,000

Muérdago (Ha)	20	19	200	2,059	94	1,538	1,780	3,474
----------------------	----	----	-----	-------	----	-------	-------	-------

Muérdago

La mayoría de las plantas son autótrofas y producen su propio carbono por medio de la fotosíntesis, sin embargo algunas plantas carecen de clorofila y parecen ser parasíticas. Se define como planta parasita a una angiosperma (planta con flor) que directamente ataca a otra planta a través de un haustorio. Un haustorio es una raíz modificada que forma una cadena morfológica y fisiológica entre el parásito y su huésped (Kuijt, 1969). Es necesario hacer una distinción entre los términos “parásito” y “patógeno”. Parásito literalmente significa “a lado de la comida,” del griego *para* (a lado) *sitos* (grano o comida). Si una planta también induce los síntomas de una enfermedad en su huésped, entonces es un patógeno al igual que parásito. El termino general que se refiere a ambos, parásitos y micotróficos, que obtienen carbón de otras fuentes que su propia fotosíntesis son heterotróficos, que significa “alimentación diferente”.

Este parásito arbustivo aéreo produce flores vistosas o crípticas; son dispersados por aves o por los frutos explosivos. Los muérdagos son parásitos obligados, dependen de su huésped para obtener agua, nutrientes y la mayoría de sus carbohidratos.

Los efectos patogénicos en su hospedero incluyen deformación del tallo infectado, pérdida de crecimiento, aumento en la susceptibilidad para otras

enfermedades, insectos y reduce la longevidad. La presencia del muérdago y la mortalidad causada por éstos tienen efectos ecológicos y económicos significantes en bosques y áreas de recreación severamente infestados.

Los muérdagos son un grupo diverso dentro del orden Santalales, de plantas parásitas arbustivas, usualmente aéreas, con frutos que poseen una capa de viscina. Estos, están ampliamente distribuidos geográficamente y como grupo tienen amplio rango de hospederos en coníferas y otras plantas leñosas. Muchos muérdagos están especialmente adaptados para la polinización y dispersión por aves, y varias especies de aves hacen un uso extensivo de este recurso. Los muérdagos son patógenos dañinos de árboles y en muchas partes del mundo son un serio problema forestal (Geils y Vázquez, 2002).

Los muérdagos son plantas parásitas con flores, que atacan los tallos de otras plantas. Este término describe plantas con un hábito parasítico aéreo y que son miembros de un grupo taxonómico específico (Santalales) (Mathiasen *et al.*, 2008).

Las principales familias de muérdagos son Loranthaceae y Viscaceae. Las lorantáceas y viscáceas han sido consideradas subfamilias dentro de Loranthaceae, pero ahora son reconocidas como familias distintas aunque relacionadas. Éstas tienen varias diferencias anatómicas, embriológicas, y cromosomales entre ellas, pero una diferencia práctica es que las flores en Viscaceae son pequeñas e inconspicuas, mientras que en Loranthaceae son

largas, coloreadas y poseen un cálculo. Las plantas de la familia Viscaceae ocurren en zonas tropicales y templadas del hemisferio norte, en cambio las Loranthaceae están generalmente en zonas tropicales. Ambas familias se encuentran en territorio mexicano (Vázquez y Geils, 2002).

Los muérdagos de América son *Cladocolea*, *Struthanthus*, *Psittacanthus*, *Dendropemon* (Loranthaceae), y además *Phoradendron*, *Arceuthobium* y *Viscum* (Viscaceae). Los géneros más importantes de las aéreas forestales de Norte América son *Arceuthobium*, *Phoradendron* y *Psittacanthus*.

Dos géneros de muérdago crecen en Norte América: el "muérdago enano" (género *Arceuthobium*), y el "muérdago verdadero" (género *Phoradendron*) (Hawksworth y Scharpf, 1974).

Generalmente el muérdago más representativo de la familia Viscaceae es *Phoradendron*, que típicamente afecta árboles leñosos y que se usa en algunos lugares sobre las puertas en las celebraciones de invierno. Por varias razones, las infecciones de *Phoradendron* no reciben el mismo nivel de atención por los especialistas forestales que tiene *Arceuthobium*. *Phoradendron* más típicamente causa daños a *Juniperus* en las áreas del suroeste de Estados Unidos. Pero estos muérdagos incluyen diferentes especies, infectando una gran variedad de hospederos, y provee un interesante modelo de la interacción hospedero-parásito (Geils *et al.*, 2002).

Se encuentran distribuidos particularmente en los climas cálidos. Atacan principalmente a los árboles de sombra y a los forestales de madera dura, pero también a muchos de los árboles comunes, tanto frutales como de plantación, e incluso a algunas gimnospermas tales como el enebro y el ciprés. Producen pérdidas económicas considerables en algunas áreas, no siempre tan graves como las que causan los muérdagos enanos (Agrios, 2005).

El género *Phoradendron*, exclusivo del nuevo mundo, comprende 243 especies que se distribuyen desde los Estados Unidos hasta Suramérica (Kuijt, 2003 y Mathiasen *et al.*, 2008). Para Zamora (2006) el género *Phoradendron* incluye 235 especies distribuidas desde Estados Unidos hasta Argentina, con la mayor cantidad de especies en la zona tropical.

Hawksworth y Scharpf (1974) mencionan que el género *Phoradendron* incluye cerca de 250 especies, que se encuentran en zonas tropicales y templadas de América. Dentro de los hospederos se incluyen varios géneros de coníferas, muchas hojosas, arbustos, y otros muérdagos. El área de mayor diversidad se encuentra en las áreas tropicales.

Descripción del Género *Phoradendron*

Los muérdagos verdaderos del género *Phoradendron* son plantas parásitas con flores que se caracterizan por sus ramas aéreas que son

fácilmente visibles sobre la planta hospedera. Mayormente tienen hojas, aunque a veces éstas pueden estar grandemente reducidas en algunas especies. Los muérdagos son dioicos y las plantas femeninas tienen flores y producen bayas con semillas, mientras que las plantas masculinas pequeñas flores inconspicuas que sólo producen polen (Young y Olsen, 2003). Por ser las flores masculinas y femeninas tan similares en apariencia, es difícil saber el sexo de la planta a menos de que los frutos estén presentes (Hawksworth, 1974). Nombres comunes: Injerto, muérdago, mistletoe.

Agrios (2005) menciona que los muérdagos del género *Phoradendron* son parásitos siempre verdes, que tienen hojas y tallos bien desarrollados. La altura de estas plantas va desde unos cuantos centímetros hasta un metro o más. Desarrollan hojas verdes típicas que efectúan la fotosíntesis y normalmente pequeñas flores dioicas y frutos en forma de bayas que contienen una sola semilla.

Zamora (2006) describe a los muérdagos del género *Phoradendron* como: arbustos, hemiparásitos, unidos al hospedero por raíces especializadas hasta formar una estructura llamada haustorio, tallos y hojas con clorofila, tallos cilíndricos o angulados, articulados a la altura de los nudos, quebradizos; ramitas a menudo tienen escamas o catáfilos arriba de los nudos. Hojas simples, opuestas o decusadas, la lámina coriácea, margen entero, venación pinnada, palmeada o a veces inconspicua, el pecíolo poco diferenciado y articulado en la base. Inflorescencias son espigas, las flores inmersas en el

raquis de la inflorescencia, arregladas en 4 series longitudinales y separadas por dos escamas opuestas, formando entrenudos fértiles; las espigas unisexuales o bisexuales; flores unisexuales, con 1 serie de 3 (2-5) lóbulos, las flores masculinas con estambres sésiles o casi sésiles biloculares; flores femeninas con un ovario inferior unilocular, estilo corto, estigma capitado. Frutos son bayas de 3 a 6 mm, color blanco, rosa o rojizo, carnosas, con una pulpa mucilaginoso.

Posición taxonómica

Las género *Phoradendron* pertenece a la familia Viscaceae, que se caracteriza porque en ellas se encuentran plantas generalmente arbustivas o subarbustivas, hemiparásitas de árboles y arbustos. Esta familia cuenta con tres géneros de muérdagos muy comunes: *Arceuthobium*, *Phoradendron* y *Viscum*.

Dominio: Eucariota

Reino: Plantae Haeckel, 1866 – Plantas

Fílum: Tracheophyta

Subfílum: Spermatophytina (auct). Smith-caballero

Infraphylum: Angiospermae auct.

Clase: Magnoliopsida Brongniart, 1843

Subclase: Rosidae Takhtajan, 1967

Superorden: Santalanae Thorne 1992

Orden: Santalales Dumortier, 1829
Familia: Viscaceae Batsch, 1802
Subfamilia: Charadriinae
Tribu: Phoradendreae
Género: *Phoradendron* Nuttall, 1848

Biología

Los muérdagos son plantas que requieren de un hospedero para vivir. Algunas son demasiado específicas y crecen sólo sobre un género de árboles; otras se presentan en un amplio rango de especies leñosas. Aunque son parásitas, elaboran su propio alimento mediante la fotosíntesis y en general únicamente requieren agua y elementos minerales de la planta hospedera. En ausencia de la parte aérea, el sistema endofítico puede utilizar los nutrientes del hospedero para sobrevivir en una infección latente por varios años (Hawksworth y Scharpf, 1974). El género cuenta con un amplísimo ámbito de distribución altitudinal, desde 0-3000 m.

Fisiología de la infección

La competencia por agua y nutrientes es la explicación más obvia de los efectos que el muérdago tiene en su hospedero. La alta transpiración que el

muérdago causa reduce los potenciales de agua en el xilema de las ramas del hospedero, que reducen la fotosíntesis neta del hospedero. La acumulación de solutos osmóticamente activas en los tejidos del muérdago promueve también menor potencial de agua en sus tejidos comparados con el hospedero, facilitando la absorción de agua y solutos. Estos solutos pueden disminuir la conductividad hidráulica del xilema de las ramas distales del hospedero en el punto de infección. Esto puede causar la muerte de la rama, pero el muérdago continúa viviendo, drenando agua y nutrientes desde la rama infectada. Las altas concentraciones de minerales en el muérdago demuestran que también son parásitos eficientes de éstos nutrientes.

Infección.- Para comenzar la infección, la semilla debe adherirse a la corteza o a las hojas de una rama joven susceptible como huésped. Un recubrimiento viscoso y sobre la superficie de las semillas una pubescencia parecida a hilos adhieren las semillas excretadas firmemente a las ramas de los árboles (Hawksworth y Scharpf, 1974).

Durante la germinación, el muérdago, forma un hipocotilo que se elonga hasta que es detenida por un abultamiento o por la base de una hoja, en este punto, la radícula produce una cantidad irregular de tejido (apresorio) el cual funciona como soporte por la parte inferior de este tejido, que hace presión directamente sobre las ramas del hospedero donde se desarrolla la clavija y la raíz principal como haustorio (Hawksworth y Scharpf, 1974).

Como otras plantas con flores, la germinación es influenciada por la temperatura, humedad y la luz. Las semillas de los muérdagos pertenecientes a Viscaceae tienen un endospermo clorofílico que es capaz de producir azúcares simples como fuente de energía antes de la germinación. Un gancho de penetración se desarrolla sobre la superficie inferior para anclarse rápidamente e iniciar la penetración mecánica de la epidermis o la corteza, y eventualmente conectarse con el floema o xilema del hospedero. La penetración en el tejido del hospedero es evidentemente solamente por medios mecánicos y hasta ahora, no se ha identificado que la penetración a los tejidos del hospedero sea de forma química. Una vez que el muérdago ha entrado al tejido del hospedero, éste desarrolla un sistema endofítico (Figura 1), que consiste en hebras corticales que corren de forma paralela al córtex y haustorios, y después produce los brotes aéreos (Mathiasen *et al.*, 2008).

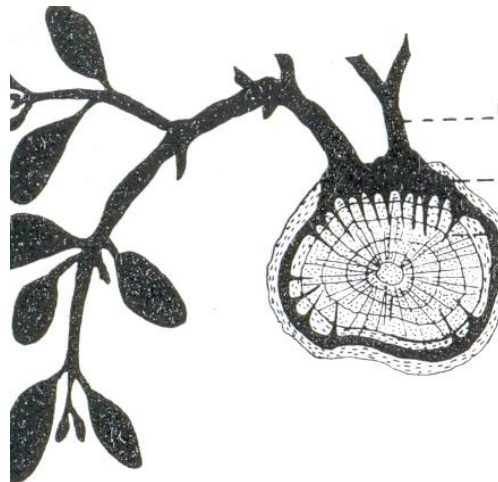


Figura 1. Sistema endofítico.

Polinización.- Los muérdagos son polinizados por agentes bióticos, principalmente pájaros e insectos, tanto como por el viento (Hawksworth y Scharpf, 1974 y Nickrent y Musselman, 2004).

Dispersión.- La coevolución de los muérdagos con las aves que les sirven de vectores ha resultado en frutos atractivos y nutritivos que proveen de alimento para muchas especies de aves alrededor del mundo. Los frutos maduros de los muérdagos son coloreados (usualmente amarillos, rojos azules o purpuras), y sus semillas están cubiertas por una sustancia mucilaginoso natural llamada viscina. Las aves pueden tragar todo el fruto, quitar el exocarpo e ingerir la semilla con la viscina o comer únicamente la cubierta de viscina alrededor de la semilla. Una vez que el ave ha comido la semilla, ésta es regurgitada o excretada, pero la semilla está aún recubierta por algo de viscina, que le permite adherirse a sus potenciales hospederos. Aproximadamente 90 especies de aves pertenecientes a 10 familias son consideradas especialistas de frutos de muérdagos, exhibiendo un rango de adaptaciones morfológicas y de comportamiento para su dieta tan restringida (Mathiasen *et al.*, 2008).

Graves infestaciones de muérdago a menudo se producen sobre un árbol infectado, porque las aves son atraídas a estos y pueden pasar períodos prolongados alimentándose de las bayas del muérdago (Hawksworth y Scharpf, 1974).

Phoradendron presenta un patrón de distribución agregado. El patrón espacial del muérdago se explica principalmente por el tamaño del hospedero y tipo de dispersión. Los árboles de mayor tamaño generalmente están parasitados más frecuente e intensivamente que los de menor tamaño (Pinto, 2005).

La distribución, tamaño y sexo del hospedero pueden influenciar la distribución y abundancia del muérdago. Las aves que diseminan las semillas usualmente prefieren posarse sobre las cimas de los árboles más grandes, entonces las semillas pueden ser depositadas (Hawksworth y Scharpf, 1974). Para las especies dioicas, las aves visitan más las plantas en fructificación por lo que las plantas femeninas son generalmente más afectadas.

Ciclo de vida del muérdago

Phoradendron tiene un ciclo de vida típico de los muérdagos, caracterizado por la dispersión por aves o semillas explosivas, un parasitismo interno en su hospedante leñoso, y un crecimiento aéreo para la producción de flores y frutos (Geils *et al.*, 2002).

Un gran número de aves se alimenta de los frutos del muérdago y dispersan las semillas mediante la excreción o la regurgitación de éstas. Las semillas pasan rápidamente por el sistema digestivo de las aves, y al posarse

sobre los árboles, las semillas son depositadas en sitios propicios para una infección. Durante la germinación, la semilla produce una radícula y un apresorio que penetra la rama del hospedero usualmente cerca de la inserción de otra rama, desarrollando un su sistema endofítico interno. Una vez que los brotes aéreos son producidos, inicia la realización de la fotosíntesis de *Phoradendron*, porque éste es un hemiparásito, no una simple epifitia. Las plantas pueden ser machos o hembras. La producción de flores y reproducción es típica, excepto porque la hibridación natural ocurre pero raramente. Los frutos son producidos después de varios años de la infección, las plantas más longevas producen más frutos y más grandes. Aunque las formas de hojas y brotes de *Phoradendron* intenten mimetizarse con las del hospedero, la biología detrás de la apariencia es clara. El sistema endofítico es perenne, pero las plantas de todas las edades están sujetas a la mortalidad por temperaturas bajas extremas (Geils *et al.*, 2002).

Se requieren varios años después de la infección para que una nueva semilla genere una planta desarrollada. El parásito no aparece rápidamente, pero una vez que una planta se establece, el sistema epicortical se extiende gradualmente hacia arriba y abajo de la rama. La defoliación o destrucción de la parte aérea no mata al muérdago. Nuevos brotes pueden ser producidos del sistema interno, o la parásita puede sobrevivir y crecer completamente a partir del tejido infectado del hospedero. El muérdago muere cuando el árbol, o si la porción infectada muere o es removida (Hawksworth y Scharpf, 1974).

Hawksworth (1980) menciona que el muérdago tiene un ciclo de vida largo. El tiempo transcurrido entre la infección y la producción de semillas es típicamente de cuatro a seis años, y a veces mayor (Figura 2). El tiempo de la maduración de la semilla para las especies mexicanas varía de 12 a 18 meses teniendo lugar en la última parte del verano, dependiendo de la especie que se trate. También menciona que la mayoría de los muérdagos mexicanos florecen en invierno y a principios de la primavera, con algunas excepciones que lo hacen más tarde, en los últimos días de julio, agosto o septiembre.

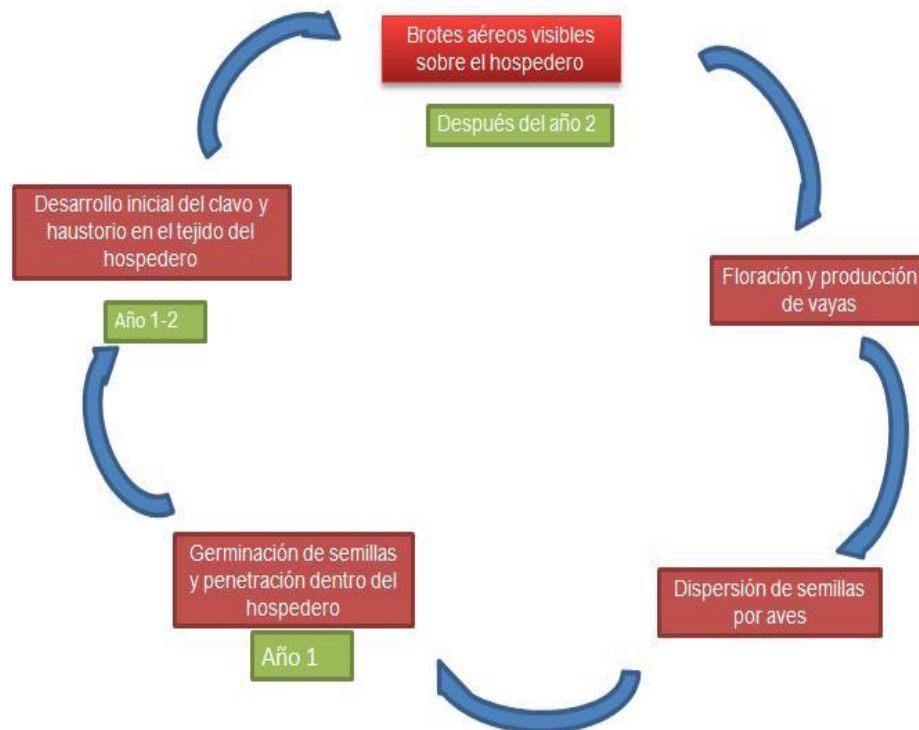


Figura 2. Ciclo de vida del muérdago.

Condiciones para el establecimiento del muérdago

El muérdago es del tipo de plantas parásitas oportunistas que se presentan en áreas debilitadas con una tendencia marcada a la declinación; esto se refiere a las áreas perturbadas, sobreexplotadas, con mal manejo y sobre todo, a aquellas áreas que se desarrollan bajo estrés hídrico no acostumbrado. Estas circunstancias hacen que el arbolado pierda cualquier resistencia natural de repeler y/o tolerar el ataque de los parásitos, entonces se torna susceptible y el ataque de estos se hace más notorio y cobra mayor importancia. Se considera que al abrir la masa arbórea donde existe infestación se propicia su diseminación o ésta se hace más rápida (Hawksworth, 1980). Las semillas de muchas especies de *Phoradendron* requieren de humedad para la germinación, por lo que la infección ocurre durante periodos lluviosos (Young y Olsen, 2003). Ante las investigaciones realizadas hasta el momento, los árboles no presentan ningún mecanismo bioquímico de defensa contra el muérdago.

Fisiología hospedero-parásito

Los muérdagos fijan algo de carbono, pero obtienen la mayor parte de su hospedero, los muérdagos traspiran mucha agua (toda de sus hospederos). Obtienen la mayoría del nitrógeno de sus hospederos, con la inevitable consecuencia de las relaciones fisiológicas. Fuertes infecciones de muérdago incrementan el estrés hídrico y reducen el vigor, viabilidad y la reproducción del

hospedante a favor del muérdago. Se reporta que *Phoradendron* en el Gran Cañón ocasiona la muerte de *Juniperus*, además este género puede también formar escobas de bruja en respuesta a la infección. Hollinger (1983) reportó que *Phoradendron villosum* tiene igual capacidad estomacal que *Quercus lobata*, pero una mucho menor capacidad para fijar carbono, además de un uso ineficiente del agua por parte del muérdago.

Ecología hospedero-parásito

Hreha y Weber citados por Geils *et al.*, (2002) reportan mayor infección en árboles viejos, en comparación con infecciones en áreas de arbolado joven. Las infecciones en *Juniperus* a veces presentan una distribución en parches, con algunos árboles fuertemente infectados. *Juniperus* severamente infectados por muérdago tienen bajos rangos de infección por micorrizas benéficas, y las hembras de este hospedero son más seriamente afectas que los machos.

Phoradendron también exhibe un fenómeno curioso donde un muérdago es parasitado por otro muérdago de la misma especie o de una diferente, pero no es común.

Daños y síntomas causados por los muérdagos

Los daños causados por *Phoradendron* no son tan severos como los causados por *Arceuthobium*, pero ciertas especies pueden llegar a provocar la muerte de su hospedero.

El primer signo visible de la infección es la aparición de pequeños brotes aéreos saliendo del hospedero. La infección causa la reducción del vigor por la competencia de nutrientes y agua (Young y Olsen, 2003 y Mathiasen *et al.*, 2008).

Mathiasen *et al.* (2008) mencionan como los principales síntomas:

Hipertrofia. Causada de forma localizada en el tejido del hospedero en el punto de la infección. Es causada principalmente por la disrupción del desarrollo normal de los tejidos, formando células secundarias del xilema y floema.

Muerte descendente de ramas. Es un síntoma muy común. Después de un periodo de tiempo, las ramas distales a la conexión del muérdago mueren; mientras que el segmento de la rama proximal al punto de conexión permanece vivo y continua suministrando agua y nutrientes al parásito. En muchos casos la parte distal cae, quedando sólo la rama soportando la planta de muérdago en la punta. La muerte de toda la parte alta del árbol es síntoma de una severa infección.

El parásito absorbe el agua, los minerales y los fotosintatos del hospedante, ocasionando así la inanición y muerte de la porción de la rama que se encuentra debajo del foco de infección. Disminuye también la vitalidad de la rama y, cuando es suficientemente abundante, de todo el árbol. Además, altera el equilibrio de las sustancias hormonales del hospedante en el área afectada y produce hipertrofia e hiperplasia de las células, así como hinchamientos y deformaciones de varias formas sobre las ramas. Este desequilibrio hormonal estimula también a las yemas laterales, normalmente en reposo, a que formen una cantidad excesiva de vástagos, originando un crecimiento denso de aspecto anormal. Las infecciones severas causadas por los muérdagos debilitan a los árboles y aumentan el riesgo al desplome por el viento (Agrios, 2005).

Cano (1991), señala que la infección por muérdagos causan tumoraciones en las ramas jóvenes, al igual que en los tallos, teniendo un marcado efecto en las características de la madera debido a las granulaciones anormales, impregnación de resina y textura esponjosa. También se menciona que por medio de las tumoraciones causadas por la planta parásita en cuestión, son los principales centros de entrada para el ataque de insectos barrenadores, además de que se pueden presentar pudriciones en la madera y enfermedades en la raíz que provocan el debilitamiento del tronco y ramas, las cuales pueden caer por acción del viento.

Vega (1976), menciona que la presencia de las partes aéreas del muérdago es el signo más seguro de infección, pero si estas partes aéreas se

han desprendido o no han brotado, habrá que examinar minuciosamente la corteza de ramas y tronco, para encontrar las capas basales que son las que originan las partes aéreas de este parásito.

En cuanto a las tumoraciones señala el autor que son generalmente abultamientos fusiformes que se desarrollan en ramas jóvenes o viejas o en los troncos, los cuales están constituidos por tejidos del parásito; algunas ramas llegan a morir a consecuencia del ataque de hongos que invaden los abultamientos o tumoraciones del muérdago. El follaje de estas ramas muertas se torna de color rojo ladrillo, conociéndose éstas como escoba de bruja o banderas.

Los árboles parasitados por muérdago también presentan menor desarrollo del diámetro en el fuste, así como en altura, follaje reducido y coloración alterada.

El muérdago afecta la calidad como la cantidad de madera. La calidad es reducida por los numerosos nudos que se forman a lo largo del fuste por granulaciones anormales, por manchas oscuras o pudrimientos de la madera; así mismo la producción de semilla se ve drásticamente reducida en árboles altamente infectados, llegando a reducirse en un 50% la producción de semilla, como la viabilidad de la misma que llegan a producir los árboles infectados se reduce en un 20%.

Otro aspecto es que al ataque del muérdago, es que predispone a los árboles afectados a un intenso ataque de insectos y hongos que pueden atacar cualquier otra parte vegetativa de la planta, así como debilitamiento en el tronco y ramas que llegan a sufrir fácilmente rompimientos y caídas por el viento. Además de afectar marcadamente la longevidad del árbol (Hawksworth y Scharpf, 1974).

Especies reportadas para la sierra de Arteaga

Existen nueve especies reportadas para el estado de Coahuila, de las cuales, solamente dos están presentes en el municipio de Arteaga: *Phoradendron densum* Torr (*P. pauciflorum* Torr., *P. saltillense* Trel.) y *Phoradendron villosum* (Nutt.) Nutt (Villarreal, 2001). Sin embargo, Zavaleta (2008) menciona además de las especies anteriores, a *P. lanceolatum* dentro del municipio de Arteaga.

Importancia

Los muérdagos han sido considerados por largo tiempo por muchas personas como especiales. Tienen un rol sagrado y mítico en numerosas culturas. Los muérdagos son usados como decoración en días festivos y como modelos para nuevos desarrollos farmacológicos. Son importantes agentes de

enfermedades, disturbios y de evolución. Como patógenos, afectan la fisiología del hospedante. Los resultados de la enfermedad en árboles son: escobas de bruja, debilitamiento, reducción del crecimiento, la sobrevivencia y la reproducción, y el incremento en la susceptibilidad a otras enfermedades y daños. Las implicaciones de una infestación tienen consecuencias económicas y ecológicas. Los muérdagos son plagas forestales por las pérdidas comerciales que causan. La importancia de los daños, radica en dos cuestiones: qué tanto (extensión y abundancia) y qué efectos provoca.

El muérdago afecta la calidad como la cantidad de madera. La calidad es reducida por los numerosos nudos que se forman a lo largo del fuste por granulaciones anormales, por manchas oscuras o pudrimientos de la madera; así mismo la producción de semilla se ve drásticamente reducida en árboles altamente infestados, llegando a reducirse en un 50 %, como la viabilidad de la misma que llegan a producir los árboles infestados se reduce en un 20 %.

Desde una perspectiva ecológica, los efectos de las infestaciones por muérdagos son complejos, porque esto tiene numerosos criterios y relaciones que deben ser consideradas para dar una situación como resultado. Sin embargo, las relaciones simbióticas entre el hospedero y el muérdago tienen consecuencias en las poblaciones y la coevolución, que no se pueden categorizar como positivas o negativas. Además, existen también relaciones con herbívoros, procesos de polinización tanto del muérdago como del hospedero y con aves que se alimentan de sus frutos. La relevancia de todos

los factores, es que los muérdagos son en ocasiones de importancia ecológica y agentes evolucionarios que conducen estos sistemas (Geils y Vázquez, 2002).

Los muérdagos en México son más abundantes en áreas frías o templadas, encontrándose en más del 10 % del área forestal. El área forestal afectada varía por estado, Durango 1 %, Nayarit 1 %, Sonora 9 %, Chihuahua 7.5 %, Zacatecas 24 % (Caballero, 1970 citado por Geils y Vázquez, 2002).

Sanidad Forestal (2003), en el Informe Nacional para la tercera Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los bosques, detalla que la superficie forestal afectada por plantas parásitas (muérdagos) se estima que asciende a 1.8 millones. Del total del recurso forestal afectado, casi el 37 % correspondió a plantas parásitas (muérdagos), seguido por los insectos descortezadores con un 27 %, el restante 36 % agrupa afectaciones por defoliadores, barrenadores y otros agentes.

Para el año 2008, del total de la superficie muestreada a nivel nacional para diagnóstico fitosanitario, la superficie forestal afectada por muérdagos fue de 3.68 %, seguido de insectos descortezadores y defoliadores con un 2 % cada uno. En el estado de Coahuila, del total del área muestreada, el 23 % se encontraba con la presencia de algún tipo de muérdago. Del recurso forestal afectado de acuerdo al muestreo para diagnóstico fitosanitario, el 99.57 %

correspondió a muérdagos, siendo el área restante afectada por descortezadores (SEMARNAT, 2009).

Manejo del muérdago

Los muérdagos son manejados en una variedad de perspectivas dependiendo de la naturaleza de éste y de la situación particular, en algunas áreas puede ser manejado como una plaga forestal destructiva, pero en otras, su importancia en los ecosistemas es tal, que es necesario un manejo para su preservación. Lo más recomendable es un manejo integrado con el ecosistema, considerando las situaciones particulares de su presencia (Mathiasen *et al.*, 2008).

Control cultural

La poda de este tipo de muérdagos es más sencilla, pues no cuenta con un sistema radicular sistémico, razón por la cual, sólo se basa en eliminar el tumor o muñón donde se encuentra fijada la planta parásita. Una vez eliminado, sellar con cualquier tipo de sustancia que no permita la entrada de otros patógenos.

C. de la Paz Pérez citado por Marchal (2009) describe que hasta la fecha no hay ningún control químico eficaz contra la planta parásita, y la única forma de controlarlo es eliminando de los árboles, una vez al año, las ramas infestadas, de preferencia antes de que aparezca la semilla del muérdago, para

evitar su propagación. Sin embargo, tiende a reaparecer después de algún tiempo. En los casos de infestación severa, el único remedio es derribar el árbol.

Actualmente la mejor opción para el manejo de los muérdagos, son sin lugar a dudas los tratamientos silvícolas, enfocados a remover aquellos arboles en las que el índice de mortalidad es más elevado.

Control biológico

Existen hongos patógenos e insectos herbívoros del muérdago. Pero ninguno ha sido suficientemente estudiado y desarrollado para su uso como control biológico (Hawskworth, 1972)

Control químico

Trabajos experimentales han demostrado que se pueden utilizar herbicidas derivados del ácido fenoxiacético (2,4D), para el control de muérdago verdadero; esta sustancia es una auxina, que en concentraciones elevadas actúa como un herbicida sistémico (que se absorbe por la raíz y las hojas) cuya acción fundamental es sobre la síntesis de las enzimas. Este producto es muy volátil, por lo que se prefieren las formas de Ester (Marchal, 2009).

La aplicación se debe hacer en primavera y con la dosis de 400 ml por 100 litros de agua; sin embargo, el muérdago rebrota después de pasado 12

meses (varía de acuerdo con la especie de hospedante), por lo que se deben realizar aplicaciones anuales para el buen manejo del parásito.

Control legal

En agosto de 2003 hubo un avance innegable. Después de meses de discusiones, por fin se publicó la Norma Ambiental NADF-001-RNAT-2002, “Que establece los requisitos y especificaciones técnicas que deberán cumplir las autoridades, personas físicas y morales, que realicen poda, derribo y restitución de árboles en el Distrito Federal”. Posteriormente, se hizo la revisión y actualización de dicha Norma, con base en la experiencia resultante de su aplicación, y se publicó en diciembre de 2006 con las siglas NADF-001-RNAT-2006 (Marchal, 2009).

Como plaga forestal

El control de muérdago es difícil en áreas forestales. Para su eliminación, las ramas deben ser cortadas, pero la poda debe realizarse únicamente cuando se considere económicamente viable. En las áreas libres de muérdago, existe el riesgo de la introducción del patógeno por las aves. Cerca de 5 a 10 años son requeridos para que el parásito alcance proporciones de daño que hagan necesario el control (Hawksworth y Scharpf, 1974).

Las vegetaciones aún no infectadas deben protegerse de las infecciones por los muérdagos mediante el establecimiento de una zona de protección libre

del parásito entre la vegetación enferma y la que se debe proteger (Agrios, 2005).

La plantación de especies de árboles que no son susceptibles a las especies de muérdagos locales es recomendable para el manejo de la enfermedad.

La eliminación de los brotes del muérdago no mata al parásito, pero ayudan a evitar la producción de semillas y si se realiza periódicamente durante varios años las infecciones se van debilitando, una alternativa es cubrir los puntos de infección con plástico negro para evitar el rebrote. La poda de ramas afectadas es la mejor estrategia cuando es viable económicamente, se debe realizar cortando 30 cm abajo del punto de inserción del muérdago.

Cuadro 2. Manejo de muérdago según el grado de infección.

Grado de infección	Manejo
0,1 y 2	Poda de saneamiento
3	Programa de manejo

En aquellos lugares donde la infestación del muérdago sea muy intensa es indispensable la eliminación del hospedero, procediendo inmediatamente a elaborar los planes de protección que aseguren una nueva masa libre de parásitos. Cuando se aplique el método radical de eliminación de árboles

fuertemente afectados, deberá procederse a la incineración de todos los desperdicios, y principalmente de aquellos tallos de muérdago que poseen frutos.

Dentro del control químico se han incluido inyección del tronco con herbicidas, aplicación de herbicidas sobre la planta y el uso de reguladores de crecimiento aplicado a los brotes aéreos. Estos métodos no son completamente recomendables, debido que afectan significativamente al hospedero. Actualmente se encuentra en el mercado un producto desecante específico para el control de muérdagos, autorizado para su uso en el control de *Psittacanthus*, pero aún no es probada su efectividad sobre *Phoradendron*. El control biológico con hongos ha sido discutido para *Arceuthobium*, pero no ha sido reportado para muérdagos verdaderos (Mathiasen *et al.*, 2008).

Hospederos del Muérdago

Los muérdagos requieren necesariamente de un hospedero para vivir. Algunos crecen solamente en una especie de árboles, pero otros crecen en diversos hospederos aun de diferentes géneros. Atacan principalmente a los árboles de sombra y a los forestales de madera dura, pero también a muchos de los árboles comunes tanto frutales como de plantación, por ejemplo, el manzano, el cerezo, los cítricos, el caucho, el cacao y el café, e incluso a algunas gimnospermas tales como el enebro y el ciprés (Agrios, 2005).

Mathiasen *et al.* (2008) mencionan dentro de los hospederos de *Phoradendron* a: aguacatero, cítricos, cacao, cafeto, encinos, nogal, y duraznero.

El género *Phoradendron* incluye aproximadamente 250 especie, exclusiva al Nuevo Mundo en zonas tropicales o templadas. Los anfitriones incluyen varios géneros de coníferas, muchos árboles de hoja ancha y arbustos; En algunas áreas, los muérdagos de *Phoradendron* pueden ser bastante comunes y causar daño serio a coníferas (Hawksworth, 1981).

La mayor parte de la taxa de *Phoradendron* que parasita coníferas están en la sección Pauciflora.

A través de estudios realizados en el estado de Aguascalientes se identificaron brotes de *Phoradendron* parasitando arboles de *Q. laeta* Liebm., *Q. potosina* Trel., y *Q. deserticola* Trel., del sitio Mesa del Águila, Aguascalientes. Este está infectando árboles dentro y fuera de los sitios de estudio, y al parecer está contribuyendo a debilitar al arbolado. Su incidencia es alta (Alvarado *et al.*, 2007).

Los síntomas están presentados por una dominante atrofia y muerte regresiva de ramas. Con base en observaciones de campo fue evidente que los árboles de mayor diámetro que crecen en sitios abiertos y perturbados, a

menudo son infectados en mayor grado que aquellos de menores diámetros, con copas cerradas y mejor calidad de sitio (Alvarado *et al.*, 2007).

García (1998) menciona que en el estado de Aguascalientes, la denominada Sierra Fría (municipios de Calvillo y San José de Gracia) es la que presenta un alto índice de infestación por «injerto» *Phoradendron spp.*, debido posiblemente a la fuerte explotación para la extracción de madera y la elaboración de carbón a que fue sometida en años anteriores. Este hecho fue el que posiblemente suscitó la proliferación de estas hemiparásitas, aunado a las drásticas sequías y los incendios que dejan más susceptibles a los árboles para ser atacados. De acuerdo al gradiente altitudinal, *Phoradendron reichenbachianum* y *P. schumanni* se localizan entre los 2,250 a 2,550 m de altitud, mientras que *P. bolleanum* y *P. villosum* se encuentran entre los 2,400 a 2,600 m de altitud, siendo este último el de mayor abundancia. *Phoradendron carneum* es uno de los más escasos y de menor distribución altitudinal, mientras que *P. forestierae* se localiza en altitudes de 1,750 a 2,000 m, el primero es de matorral subtropical y el segundo se extiende hasta el matorral xerófilo.

En cuanto a la preferencia por su hospedante *P. bolleanum* se encuentra en *Arbutus arizonica*, *A. glandulosa*, *Arctostaphylos pungens* y *Juniperus deppeana*; *P. villosum*, *P. reichenbachianum* y *P. schumanni* solamente parasitan especies del género *Quercus*, el primero sobre *Q. laeta* y *Q. potosina* y los dos siguientes sobre *Q. laeta*, *Q. potosina* y *Q. rugosa*; *P. carneum* y *P.*

forestierae son las únicas especies con especificidad por su hospedante, el primero sobre *Ipomoea* y el segundo sobre *Forestiera* (García, 1998).

ARTÍCULO CIENTÍFICO

**Incidencia y Severidad de *Phoradendron* spp en la Sierra de Arteaga,
Coahuila, México**

**Incident and Severity of *Phoradendron* spp in the Sierra de Arteaga,
Coahuila,
México**

María Guadalupe Cepeda Puente, Abiel Sánchez Arizpe, María Elizabeth Galindo Cepeda, Sergio René Sánchez Peña, Emilio Padrón Corral, José Luis García Franco y Beimar Ocaña Hernández.

Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, Colonia Buenavista, 25315, Saltillo, Coahuila, México. I_cepeda18@hotmail.com, cepeda.mc@gmail.com.

Abstract

Samplings were made for each of the regions of the Sierra de Arteaga, Jamé, Los Lirios, Los Chorros, Huachichil and Carbonera. Three stands were located with six sampling

sites (0.3 ha.) each. It took mistletoe incidence and severity, later material was collected for species identification. We identified four species of *Phoradendron*: *Phoradendron densum* Torr, *Phoradendron tomentosum* Engelm., *Phoradendron lanceolatum* Engelm. y *Phoradendron hawksworthii* Wiens, attacking three hosts genera, *Quercus*, *Juniperus* y *Cupressus*. *Phoradendron* incidence was 42 % in Los Lirios and 47 % in Jamé. The species with the highest incidence in both Jamé (32.04 %) and Los Lirios (24.94 %) was *P. tomentosum*. Huachichil also has high incidence of this species of mistletoe (37 %), unlike Carbonera with only 9 %. Los Chorros have the highest incidence (71 %) of *P. densum* recorded in the samples in the Sierra de Arteaga, therefore, this species is more important to present high incidence and severity in all the areas. *P. lanceolatum* incidents remained low, but were mainly in areas with dense vegetation, only in the east and center of lilies.

Key words: mistletoe, *Phoradendron*, incidence, severity.

Resumen

Se realizaron muestreos para cada uno de los cañones de la Sierra de Arteaga, Jamé, Los Lirios, Los Chorros, Huachichil y Carbonera. Se ubicaron tres rodales con seis sitios de muestreo (0.3 ha.) en cada uno. Se tomó incidencia y severidad del muérdago, posteriormente se colectó material para la identificación de especies. Se identificaron cuatro especies del género *Phoradendron*: *Phoradendron densum* Torr, *Phoradendron tomentosum* Engelm., *Phoradendron lanceolatum* Engelm. y *Phoradendron hawksworthii* Wiens, atacando a tres géneros de hospederos, *Quercus*, *Juniperus* y *Cupressus*. La incidencia de *Phoradendron* fue del 42 % en los Lirios y 47 % en Jamé. La especie de mayor incidencia, tanto en Jamé (32.04 %) como en Los Lirios (24.94 %),

fue *P. tomentosum*. Huachichil presentó también alta incidencia de ésta especie de muérdago (37 %), a diferencia de Carbonera con tan solo 9 %. Los Chorros tuvo la mayor incidencia (71 %) de *P. densum* registrada en los muestreos en la Sierra de Arteaga, por lo tanto, ésta especie es de mayor importancia por presentar incidencia y severidad alta en todos los cañones. *P. lanceolatum* mantuvo incidencias bajas, ubicándose principalmente en áreas con vegetación densa, solo en la parte este y centro de Los Lirios.

Palabras clave: muérdago, *Phoradendron*, incidencia, severidad.

Introducción

México es uno de los países más diversos en bosques de pino-encino, cuenta con 55 especies de pinos, de los cuales el 85 % son endémicos (Villers *et al.*, 1998).

Las plantas parásitas representan el tercer agente de destrucción de sus bosques de clima templado frío (Plascencia *et. al.* 2007), las especies del género *Psittacanthus*, *Phoradendron*, y *Arceuthobium* causan los impactos económicos y ecológicos más grandes en el país (Hawksworth 1980 y Gails *et. al.* 2002). El muérdago representa un peligro para la persistencia de los bosques de Coahuila, motivo por el cual la conservación y protección de la biodiversidad de estos ecosistemas es importante a nivel nacional.

SEMARNAT (2009), reportó que en México, del total de la superficie muestreada para la detección de problemas parasitológicos, el muérdago ocupa el 3.7 % del área afectada, siendo este problema mayor que los defoliadores (2 %), descortezadores (2

%) y barrenadores (0.6 %). En Coahuila, los muérdagos se encontraron afectando el 23.16 % del total de la superficie muestreada para este mismo año.

En el Informe Nacional para la Tercera Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los bosques, Sanidad forestal (2003), publicó que la superficie forestal afectada por muérdagos asciende a 1.8 millones. Del total del recurso forestal afectado, casi el 37 % correspondió a especies de muérdagos, seguido por los insectos descortezadores con un 27 %, el restante 36 % agrupa afectaciones por defoliadores, barrenadores y otros agentes.

La Sierra de Arteaga es un bosque integrado por especies ecológicamente importantes para el Estado Coahuila, México. Representa una fuente de ingresos económicos para los habitantes de la localidad, además de ser un lugar turístico y recreativo. Debido a la importancia que el muérdago representa en las pérdidas de los bosques en México y en otros países, el presente trabajo tuvo como objetivos identificar las especies de muérdago presentes en el Sierra de Arteaga, Coah y determinar la incidencia y severidad de esta planta parásita.

Materiales y Métodos

Se realizaron muestreos independientes, para cada uno de los cañones de la Sierra de Arteaga: Jamé, Los Lirios, Los Chorros, Huachichil y Carbonera. Con la ayuda de fotografías aéreas, se ubicaron tres rodales, distribuidos uno al este, otro al centro y el último al oeste. Dentro de cada rodal se establecieron 6 sitios de muestreo, utilizando el método con parcela (Muller-Dombois y ElleMBERG, 1974). Las parcelas fueron cuadradas con un área de 500 m², su establecimiento en campo se realizó considerando la vegetación susceptible. La identificación de especies de muérdago se

realizó en base a Kuijt (2003), Marroquin (1976) y Rzedowski (2006). Para el muestreo y toma de datos se consideró: género del hospedero, presencia de muérdago (incidencia), especie de muérdago, grado de infestación (severidad) y observaciones. La estimación de la severidad de la infección en los árboles dañados, se hizo mediante el sistema de evaluación de 4 clases recomendada en el Manual de Tratamientos Fitosanitarios elaborado por la CONAFOR (2005). Se delimita la copa del árbol y se considera el volumen de esta como el 100 %; posteriormente, se cuenta el número y distribución de los muérdagos en la copa y se le asigna un valor numérico, de acuerdo al volumen que ocupa en la misma (Figura 1). Este valor puede variar de 0 % (sano) hasta más del 90 %, y de acuerdo a éste, se asigna el nivel de grado de infección (Cuadro 1).

Cuadro 1. Volumen infectado de la copa, en el sistema de 4 clases y grados de infección.

Grado de infección	Daño	% volumen infectado de la copa
0	Sano	0
1	Leve	1-30
2	Medio	31-60
3	Fuerte	61-90

Para determinar la influencia del rodal sobre la incidencia de las especies y la relevancia de las especies en cada área, se utilizó un arreglo factorial AxB en un diseño completamente al azar, con análisis mediante la prueba estadística de comparación de

medias de DMS. Para determinar la influencia del rodal sobre la severidad presentada por cada especie, y determinar que especie presenta mayor severidad sobre sus hospederos, se utilizó un análisis estadístico no paramétrico mediante un análisis por rangos, en un diseño completamente al azar con arreglo factorial AxB usando una extensión de la prueba Kruskal y Wallis, y comparación múltiple entre medias de rangos, de forma independiente para cada factor.

Resultados y Discusión

Se identificaron cuatro especies del género *Phoradendron*: *Phoradendron densum* Torr (Figura 2), *Phoradendron tomentosum* (DC.) Engelm. (Figura 3), *Phoradendron lanceolatum* Engelm. (Figura 4) y *Phoradendron hawksworthii* Wiens (Figura 5), atacando a tres especies de hospederos: *Quercus*, *Juniperus* y *Cupressus*.

En Los Lirios y Jamé se encontraron las cuatro especies de muérdago antes mencionadas, mientras que en Los Chorros, Huachichil y Carbonera, no se encontró a *P. lanceolatum*. No se consideró *P. hawksworthii* Wiens para el análisis de incidencia y severidad, puesto que su incidencia es muy baja, insuficiente para los análisis estadísticos. La incidencia del género *Phoradendron* fue del 42 % en los Lirios y 47 % en Jamé. En Los Lirios, como se observa en el Cuadro 2, la especie *P. tomentosum* presentó una incidencia promedio de 24.94 %, superior a las especies *P. densum* y *P. lanceolatum*, que tuvieron incidencias inferiores al 14 %. Respecto a la severidad, *P. tomentosum* presentó una severidad de 1.0333, superior a *P. densum* y *P. lanceolatum*, que presentaron severidades de 0.5628 y 0.5544 respectivamente (Cuadro 2). La incidencia en Jamé, fue significativamente mayor en *P. tomentosum*, que tuvo una media en todo el cañón de 32.04 %, como se muestra en el Cuadro 2, siendo casi el

doble que *P. densum* con 17.66 %. En Jamé la severidad fue superior en *P. tomentosum*, dos veces más que en *P. densum*, como se puede ver en el Cuadro 3; la especie *P. lanceolatum*, con 0 % no mostró daños.

Cuadro 2. Comparación múltiple entre medias de especies en Los Lirios y Jamé, en la variable de respuesta incidencia, con un 99 % de confianza.

Especie	Los Lirios	Jamé
<i>Phoradendron tomentosum</i>	24.9450 A	32.0461 A
<i>Phoradendron densum</i>	13.5372 B	17.6622 B
<i>Phoradendron lanceolatum</i>	5.6017 B	0.0000 C

Cuadro 3. Comparación múltiple entre medias de rangos de especies en Los Lirios y Jamé, en la variable de respuesta severidad, con un 99 % de confianza.

Especie	Los Lirios	Jamé
<i>Phoradendron tomentosum</i>	1.0333 A	1.0300 A
<i>Phoradendron densum</i>	0.5628 B	0.5017 B
<i>Phoradendron lanceolatum</i>	0.5544 B	0.0 C

En el Cuadro 4, se hace una comparación de la incidencia en Los Chorros, Huachichil y Carbonera, donde se muestra que *P. densum*, siendo la única especie presente en Los Chorros, tuvo la incidencia más alta (71 %), a diferencia de Huachichil, cuya especie de mayor incidencia fue *P. tomentosum* (37 %) y Carbonera con 9 % con *P. densum*. Se observó una diferencia altamente significativa entre el cañón de Los Chorros con

respecto a los demás. En lo que respecta a la severidad (Cuadro 5), *P. densum* (1.4) fue el más agresivo con 1.38 de severidad en Los Chorros, con una diferencia altamente significativa con respecto a los demás cañones. Así mismo, *P. tomentosum* (1.3) presentó mayor severidad en Huachichil con una diferencia altamente significativa con respecto al resto de los cañones.

Cuadro 4. Comparación múltiple entre medias de especies en Los Chorros, Huachichil y Carbonera, en la variable de respuesta incidencia, con un 99 % de confianza.

Especie	Los Chorros	Huachichil	Carbonera
<i>Phoradendron densum</i>	70.9333465 A	1.4162077 B	8.5138679 B
<i>Phoradendron tomentosum</i>	0.0 B	36.7563384 A	0.05319149 B

Cuadro 5. Comparación múltiple entre medias de especies en Los Chorros, Huachichil y Carbonera, en la variable de respuesta severidad, con un 99 % de confianza.

Especie	Los Chorros	Huachichil	Carbonera
<i>Phoradendron densum</i>	1.3799603 A	0.625 AB	1 B
<i>Phoradendron tomentosum</i>	0.0 B	1.3367695 A	0.333333 B

Las especies de muérdago son más abundantes en las partes con mayor perturbación de cada zona de muestreo. Es común la presencia de estas especies en hospederos que crecen a orillas de los caminos o senderos; es posible que esto se deba a que las

plantas hospederas, en esos sitios, son más susceptibles al ataque de las parásitas y son más accesibles para las aves que dispersan las especies de muérdago, por lo que aseguran su crecimiento. En el Cuadro 6 se enlistan las especies de muérdagos con sus hospederos y las localidades donde se encuentran.

Cuadro 6. Localidad y hospederos del género *Phoradendron*.

Especie de muérdago	Hospedero	Localidad
<i>Phoradendron densum</i> Torr	<i>Juniperus saltillensis</i> M. T.	Los Lirios, Jamé, Los
(<i>P. pauciflorum</i> Torr., <i>P. saltillense</i> Trel.)	Hall	Chorros, Huachichil y
	<i>Juniperus erythrocarpa</i> Cory	Carbonera
	<i>Juniperus flaccida</i> Schlecht	
<i>Phoradendron hawksworthii</i> Wiens	<i>Cupressus benthamii</i> Endl	Los Lirios, Jamé y Huachichil
<i>Phoradendron tomentosum</i> (DC.) Engelm. (<i>P. greggii</i> Trel)	<i>Quercus striatula</i> Trel.	Los Lirios, Jamé y
	<i>Quercus saltillensis</i> Trel.	Huachichil
	<i>Quercus greggii</i> (DC.) Trel.	
<i>Phoradendron lanceolatum</i> Engelm.	<i>Quercus striatula</i> Trel.	Los Lirios
	<i>Quercus saltillensis</i> Trel.	
	<i>Quercus greggii</i> (DC.) Trel	

Se reporta a *Phoradendron hawksworthii* Wiens en la Sierra de Artega, Coah., hospedando a *Cupressus*, contrario a Villarreal (2001) y Zavaleta (2008), que

únicamente reportan a *Phoradendron densum* Torr, *Phoradendron* y *P. lanceolatum* para el municipio de Arteaga, Coah.

La especie de mayor incidencia, tanto en Jamé como en Los Lirios, fue *P. tomentosum*, con mayor presencia en las áreas este y centro de los cañones en las que los encinos son parte importante del bosque, manteniéndose con incidencias altas en Huachichil, pero muy bajas en Los Chorros y Carbonera; *P. densum*, en Los Chorros, presentó la incidencia más alta (71 %) registrada en los muestreos en la Sierra de Arteaga, siendo ésta la especie de mayor importancia por presentar incidencia y severidad alta en todos los cañones. *P. lanceolatum* mantuvo incidencias bajas, ubicándose principalmente en áreas con vegetación densa, solo en la parte este y centro de Los Lirios. Esta variabilidad depende principalmente de la ubicación del área, y de la presencia de vegetación susceptible (Solís y Gómez, 2005).

Se considera una relación directa entre el porcentaje de incidencia y el grado de severidad puesto que las áreas con severidad alta, propician una mayor dispersión y la infección de la mayoría los árboles cercanos. Esta situación se presentó en Los Chorros donde se encontró mayor incidencia (71 %) de *P. densum*, la severidad fue de 1.4, cuyo hospedero fue *Juniperus*, el género más abundante en esa región. Lo mismo sucedió en Huachichil, siendo este cañón el más afectado por *P. tomentosum*, por ser el encino la especie predominante en la vegetación de este cañón.

El muérdago representa un problema de importancia para el bosque de Arteaga, por lo cual es necesario elaborar estrategias de control, principalmente para áreas forestales, es necesario continuar con la investigación en la búsqueda y formulación de agentes de control biológico para mitigar las infestaciones y daños causados por esta planta parásita, ya que existen patógenos con potencial de agentes de biocontrol.

Conclusiones

Se reporta a la especie *Phoradendron hawksworthii* parasitando a *Cupressus benthamii* en Los Lirios, Jamé y Huachichil, municipio de Arteaga, Coah., México.

La incidencia del género *Phoradendron* es del 42 % en los Lirios y 47 % en Jamé, donde *P. tomentosum* fue la especie que presentó mayor incidencia y severidad. Por lo contrario, *P. lanceolatum* se observó solamente en Los Lirios y muestra la menor incidencia (5.6 %) y severidad (0.55).

P. densum es el parásito más importante de la región puesto que presenta la mayor incidencia (71 % en Los Chorros) y severidad, además de ser la única especie presente en todas las áreas de muestreo.

Literatura Citada

CONAFOR. 2005. Tratamientos contra plantas parasitas. Evaluación y Tratamiento para Muérdago Verdadero (*Psittacanthus*). Manual de Tratamientos Fitosanitarios. México D.F. 78 p.

Geils, Brian W.; Cibrián Tovar, Jose; Moody, Benjamin, tech. coords. 2002. Mistletoes of North American Conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS–GTR–98. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 123 p.

Hawksworth, F.G., 1977. The 6-class dwarf mistletoe rating system. Gen. Tech. Rep. GTR-RM-48. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, CO, 7 p.

Hawksworth, F, G. 1980. Los Muérdagos enanos (*Arceuthobium*) y su importancia en la silvicultura de México. Memoria 1 simposio Nacional sobre Parasitología Forestal, Uruapan, Mich. Ed. Sec. Mex. De Entomología.

Kuijt, J. 2003. "Monograph of *Phoradendron* (Viscaceae)" The American Society of Plant Taxonomists. Systematic Botany Monographs, Vol. 66. 316-324.

Marroquin, J. S. 1976. Vegetación y florística del noreste de México. I. Aspectos sinecológicos en Coahuila. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 36: 69-101.

Plascencia, G., A.; I., López, p.; y M. Malangón A.; 2007. Validación del uso de Hongos Patogénicos para el Control del Muérdago enano *Arceuthobium* sp. en el Estado de Michoacán. XIV Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Aguascalientes, México. Ed. Litográfico Central, S. A. de C. V. Edición. 2008 Ciudad. México D. F. Pp. 184-189.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 pp.

Sanidad forestal, 2003. Informe Nacional para la Tercera Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques. Dirección General para Temas Globales, México, D.F. 16 p.

SEMARNAT. 2009. El Medio Ambiente en México. Superficie forestal afectada por plagas y enfermedades forestales. SEMARNAT, México, D.F. 12 p.

Solís García, V. y Gómez Sánchez, M. 2005. Inventario de las especies de muérdagos en la zona Sur del Estado de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales, Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Querétaro. 4 p.

Villarreal, J. Á. 2001. Listados florísticos de México. XXIII Flora de Coahuila. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 137 p.

Villers R. L.; L. García v.; J. López, B.; Investigaciones geográficas. 1998. Evaluación de los bosques templados en México: una aplicación en el parque nacional Nevado de Toluca. UNAM. México D.F. P 7.

Zavaleta, Y. 2008. Identificación, incidencia y severidad del muérdago en el Cañón de los Lirios de la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 51 p.

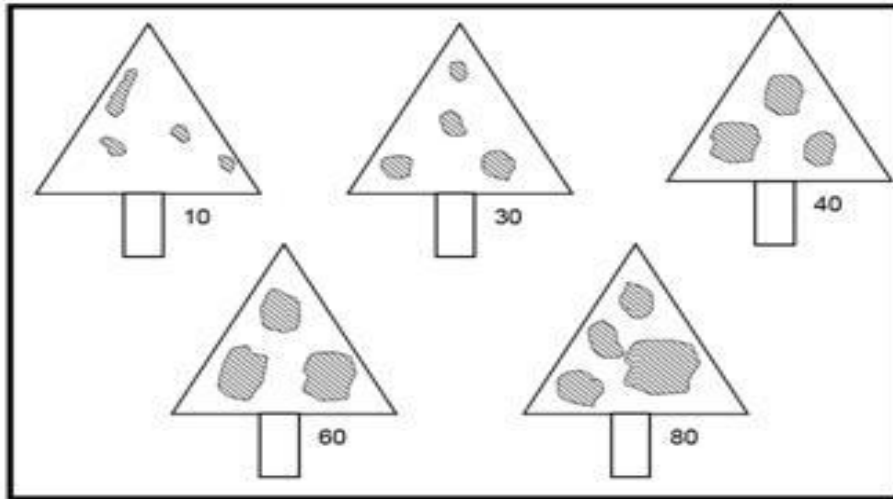


Figura 1. Representación esquemática de varios porcentajes de infección, el área sombreada simboliza el ataque del muérdago verdadero.



Figura 2. *Phoradendron densum* Torr

(*P. pauciflorum* Torr., *P. saltillense* Trel., *P. bolleanum* (Seem.) Eichl.)



Figura 3. *Phoradendron tomentosum* (DC.) Engelm



Figura 4. *Phoradendron lanceolatum* Engelm



Figura 5. *Phoradendron hawksworthii* Wiens

RESULTADOS

Posibles Agentes de Biocontrol

Los muérdagos enfermos fueron llevados al laboratorio del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Posteriormente fueron aislado e identificados. Se identificaron dos géneros atacando a *Phoradendron* spp.: *Glomerella* sp. (Figura 3 y 4) y *Cytospora* sp. (Figura 5 y 6).

Así mismo se identificó un hongo de la familia Dematiaceae (Figura 7 y 8), el cual está en proceso de identificación a especie. Es necesario apoyarse con técnicas moleculares para su identificación.



Figura 3. Muérdago enfermo. Muestra lesiones causadas por *Glomerella* sp



Figura 4. *Glomerella* sp atacando a *Phoradendron lanceolatum*



Figura 5. Muérdago enfermo con síntomas causados por *Cytospora* sp.



Figura 6. *Cytospora* sp. atacando a) *Phoradendron lanceolatum* y b) *Phoradendron densum*



Figura 7. Muérdago muerto parasitando Encino.



Figura 8. Espora de Dematiaceae aislado de *Phoradendron* spp.

CONCLUSIONES GENERALES

Las especies identificadas en los cañones Los Lirios, Jamé, Huachichil, Los Chorros y La Carbonera fueron: *Phoradendron densum* Torr, *Phoradendron tomentosum* (DC.) Engelm., *Phoradendron lanceolatum* Engelm. y *Phoradendron hawksworthii* Wiens. Los hospederos de *P. densum* encontrados son *Juniperus saltillensis* M. T. Hall, *Juniperus erythrocarpa* Cory y *Juniperus flaccida* Schlecht. Los hospederos encontrados de *P. tomentosum* y *P. lanceolatum* son *Quercus striatula* Trel, *Quercus saltillensis* Trel. y *Quercus greggii* (DC.) Trel.. *P. hawksworthii* se encontró sobre *Cupressus benthamii* Endl. La identificación de algunas especies de muérdagos puede ser algo confusa, debido a la similitud encontrada en especies como *P. densum* y *P. hawksworthii*, dada esta situación, se deben considerar estos aspectos para reconocer de forma correcta las diversas especies.

La especie de mayor incidencia en Jamé, Los Lirios y Huachichil es *P. tomentosum*, con mayor presencia en las áreas este y centro de los cañones en las que los encinos son parte importante del bosque; en cambio, *P. densum* presenta un porcentaje de afectación menor, encontrándose mayormente en el área oeste de los cañones; y *P. lanceolatum* mantuvo incidencias bajas, ubicándose principalmente en áreas con vegetación densa, solo en la parte este y centro de Los Lirios. Mientras que en Los

Chorros *P. densum* tuvo mayor incidencia que otras especies de muérdago, incluso presentó la incidencia más alta de todos los cañones estudiados.

Con los resultados obtenidos se puede concluir que, la incidencia, al igual que la severidad, es una variable que se ve afectada por condiciones de disturbio, predominancia de los hospederos dentro del bosque y la ubicación a lo largo de los cañones. También se considera una relación directa entre el porcentaje de incidencia y el grado de severidad presentado, pues como se mencionó en el apartado de revisión, las áreas con severidad alta, propician una mayor dispersión y la infección de muchos de los árboles cercanos.

Así mismo, se encontraron hongos con potencial como agentes de biocontrol, tal es el caso de *Cytospora*. Es necesario continuar con colectas de muérdago enfermo para encontrar agentes de control biológico y posteriormente hacer las evaluaciones de efectividad biológica para su uso como agentes de biocotrol.

LITERATURA CITADA

Agrios, G. N. 2005. Plant pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press. San Diego, CA. USA. Pp 921.

Alvarado, R. D.; L. de L. Saavedra, R.; A. Almaraz, S.; B. Tlapal, B.; O. Trejo, R.; J.M. D.; J.T. Kliejunas; S. Oak; J.G. O'Brien; F. Orozco, T. y D. Quiroz, R. 2007. Agentes asociados y su papel en la declinación y muerte de encinos (*Quercus, fagácea*) en el centro-oeste de México. Polibotanica. Núm. 23 pp. 21

Brands, S.J. (comp.) 1989-2007. Systema naturae 2000. The Taxonomicon. Universal taxonomic services, amsterdam, The Netherlands. Accessed March 24, 2007.

http://zipcodezoo.com/Plants/P/Phoradendron_lanceolatum.asp#t op

Brunner, E., Domhof, S., Langer F. 2002. Nonparametric analysis of longitudinal data in factorial experiments. John Wiley & Sons Ed. New York, USA. Pp. 288.

- Cano. P. A. (1991). El muérdago planta parásita los bosque de confiera de la sierra de Arteaga, Coah., Revista AGROCIFAP_Coahuila. Año 1. Vol. 2, Saltillo. Mexico.
- CONAFOR, 2003. Informe Nacional para la Tercera Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques. Zapopan, Jalisco México.
- CONAFOR, 2004 Informe Nacional para la Cuarta Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques. Zapopan, Jalisco México.
- Encina D. J.A., Lupercio A. Z., Castellón E. E., Reyna J. V., I Villarreal J. Á. 2009. Composición y aspectos estructurales de los bosques de encino de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. Acta Botánica Mexicana, número 086. Instituto de Ecología A.C. Pátzcuaro, México. Pp. 71-108.
- Fleiss J. L. 1973. Statistical methods for rates and proportions. J. Wiley Ed. New York. USA.
- García, R., G.; 1998. La Familia Loranthaceae (injertos) del Estado de Aguascalientes, México. Polibotanica. Num 7 pp. 14.
- Geils, B. W., Tovar, J., and B. Moody, tech. coords. 2002. Mistletoes of North American conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS–GTR–98. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. USA. Pp. 123

- Geils, B. W., Vázquez C I.. 2002. Loranthaceae and Viscaceae in North America. Mistletoes of North American conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS–GTR–98. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. USA. Pp 1-8.
- Geils, B. W., Wiens D., Hawksworth F. G. 2002. *Phoradendron* in Mexico and the United States. Mistletoes of North American conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS–GTR–98. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. USA. Pp 19-28.
- Hawksworth, F, G. 1980. Los Muérdagos enanos (*Arceuthobium*) y su importancia en la selvicultura de México. Memoria 1 simposio Nacional sobre Parasitología Forestal, Uruapan, Mich. Ed. Sec. Mex. De Entomología.
- Hollinger, D. Y. 1983. Photosynthesis and water relations of the mistletoe, *Phoradendron villosum*, and its host, the California valley oak, *Quercus lobata*. *Oecologia* . Springer-Verlag 198,3 60:396M00. P 1.
- Kuijt, J. 1969. The Biology of Parasitic Flowering Plants. University of California Press, Berkeley, CA.
- Kuijt, J. 2003. Monograph of *Phoradendron* (Viscaceae). Systematic Botany Monographs. 66:1-643.

Maloney, P. E., and Rizzo, D. M. 2002. Dwarf mistletoe–host interactions in mixed-conifer forests in the Sierra Nevada. *Phytopathology* 92:597-602.

Manual de Tratamientos Fitosanitarios. CONAFOR.

www.camafu.org.mx/.../sanidad-forestal-manual-de-tratamiento-fitosanitario-conafor.html -

Mathiasen R. L., Nickrent, D. L., Shaw, D. C., Watson, D. M. 2008. Mistletoes, pathology, systematics, ecology and management. *Plant Disease*. The American Phytopathological Society. Vol. 92 No. 7 pp 20.

Nickrent, D.L. and Musselman, L.J. 2004. Introduction to Parasitic Flowering Plants. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2004-0330-01

Pinto, M. M. 2005. Studies of the population ecology of the mistletoe *Phoradendron anceps* (Viscaceae) and its host *Pisonia albida* (Nyctaginaceae) in the Guánica Forest Reserve, Puerto Rico. Master Thesis. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus. Mayagüez, Puerto Rico. Pp 3.

Plascencia, G., A.; I., López, p.; y M. Malangón A.; 2007. Validación del uso de Hongos Patogénicos para el Control del Muérdago enano *Arceuthobium* sp. en el Estado de Michoacán. XIV Simposio Nacional De Parasitología Forestal. Aguascalientes, México. Pp. 184-189.

Robinson, Donald C.E. and Gails, Brian. 2006. Modelling dwarf mistletoe at three scales: life history, ballistics and contagion. *Ecological modeling* 199: 23-38.

Sanidad forestal, 2003. Informe Nacional para la Tercera Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques, México.

http://www.un.org/esa/forests/pdf/national_reports/unff3/mexico.pdf

Shah, D. A. and Madden L. V. 2004. Nonparametric analysis of ordinal data in designed factorial experiments. *Phytopathology*. Vol 94. Pp 31-41.

Scharpf R.F. and Hawksworth F.G. 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. 7 p.

SEMARNAT, CONAFOR. 2009. Superficie forestal afectada por plagas y enfermedades forestales (hectáreas).

http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RF_ORESTA06_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce

Vega R. E. 1976. El muérdago enfermedad en bosques de coníferas y hojosas. Bosques y Fauna; XIII. Departamento de Divulgación Federal, SARH. México.

Verduzco G. J. 1976. Protección Forestal. Patena. Chapingo, Mex. Pp 135-140.

- Villarreal, J. Á. 2001. Listados florísticos de México. XXIII Flora de Coahuila. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 137 p.
- Villers R. L.; L. García v.; J. López, B.; Investigaciones geográficas. 1998. Evaluación de los bosques templados en México: una aplicación en el parque nacional Nevado de Toluca. UNAM. México D.F. P 7.
- Young, D., Olsen, M. W. 2003. True Mistletoes. The University of Arizona Cooperative Extension. Publication AZ1308. Pp 3.
- Zamora, N. 2006. Santalaceae (incl.Viscaceae). Flora Digital de la Selva. Organización para Estudios Tropicales. 5 p.
- Zavaleta, Y., 2008. Identificación, incidencia y severidad del muérdago en el Cañón de los Lirios de la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. Pp 51.

APÉNDICES

Cuadro 3. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo en Los Lirios y Jamé en la Sierra de Arteaga, Coah.

Localidad	Rodal	Sitio	Longitud	
			Latitud Norte	Oeste
Los Lirios	1 (oeste)	1	25°23'8.08"N	100°38'47.13"O
Los Lirios	1 (oeste)	2	25°23'17.68"N	100°39'2.54"O
Los Lirios	1 (oeste)	3	25°23'15.10"N	100°38'56.95"O
Los Lirios	1 (oeste)	4	25°23'11.22"N	100°38'52.53"O
Los Lirios	1 (oeste)	5	25°23'7.17"N	100°38'51.05"O
Los Lirios	1 (oeste)	6	25°23'6.05"N	100°38'44.15"O
Los Lirios	2 (centro)	1	25°23'6.77"N	100°33'15.70"O
Los Lirios	2 (centro)	2	25°23'27.29"N	100°32'55.00"O
Los Lirios	2 (centro)	3	25°23'7.45"N	100°33'4.07"O
Los Lirios	2 (centro)	4	25°23'15.05"N	100°33'24.65"O
Los Lirios	2 (centro)	5	25°23'20.30"N	100°32'40.22"O
Los Lirios	2 (centro)	6	25°23'37.38"N	100°33'11.52"O
Los Lirios	3 (este)	1	25°22'42.59"N	100°30'43.49"O
Los Lirios	3 (este)	2	25°22'31.80"N	100°29'59.68"O
Los Lirios	3 (este)	3	25°22'24.39"N	100°29'40.51"O

Los Lirios	3 (este)	4	25°22'26.80"N	100°29'49.46"O
Los Lirios	3 (este)	5	25°22'28.62"N	100°30'1.24"O
Los Lirios	3 (este)	6	25°22'37.53"N	100°30'28.17"O
Jamé	1 (oeste)	1	25°22'37.52"N	100°38'33.84"O
Jamé	1 (oeste)	2	25°22'36.53"N	100°38'38.40"O
Jamé	1 (oeste)	3	25°22'34.30"N	100°38'43.02"O
Jamé	1 (oeste)	4	25°22'30.73"N	100°38'26.73"O
Jamé	1 (oeste)	5	25°22'32.56"N	100°38'14.12"O
Jamé	1 (oeste)	6	25°22'33.68"N	100°38'21.51"O
Jamé	2 (centro)	1	25°22'4.30"N	100°36'31.06"O
Jamé	2 (centro)	2	25°21'25.85"N	100°35'50.82"O
Jamé	2 (centro)	3	25°21'17.04"N	100°35'40.09"O
Jamé	2 (centro)	4	25°21'31.44"N	100°36'15.82"O
Jamé	2 (centro)	5	25°21'20.51"N	100°35'53.34"O
Jamé	2 (centro)	6	25°21'7.45"N	100°35'35.00"O
Jamé	3 (este)	1	25°20'55.69"N	100°35'5.00"O
Jamé	3 (este)	2	25°20'48.43"N	100°34'52.78"O
Jamé	3 (este)	3	25°20'50.27"N	100°34'38.85"O
Jamé	3 (este)	4	25°20'43.66"N	100°34'29.65"O
Jamé	3 (este)	5	25°20'49.81"N	100°35'4.44"O
Jamé	3 (este)	6	25°20'43.59"N	100°34'34.24"O

Cuadro 4. Datos de incidencia por cada sitio de muestreo en Los Lirios y Jamé en la Sierra de Arteaga, Coah.

CAÑÓN	RODAL	ESPECIE	SITIO					
			1	2	3	4	5	6
LOS LIRIOS	1	1	32.32	40.00	53.76	35.37	40.36	40.36
		2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	20.51	22.22	16.67	68.18	66.67	68.75
		3	42.31	0.00	41.67	9.09	0.00	0.00
	3	1	0.00	0.00	1.52	0.00	0.00	0.00
		2	14.29	40.74	34.85	40.63	27.78	27.78
		3	3.57	1.45	0.00	0.00	0.00	2.78
JAMÉ	1	1	51.52	28.26	26.53	63.15	67.86	54.54
		2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	1	26.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	26.09	50.00	51.28	60.00	75.00	34.78
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	45.16	69.57	28.57	43.90	46.25	46.25
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cuadro 5. Datos de severidad por cada sitio de muestreo en Los Lirios y Jamé en la Sierra de Arteaga, Coah.

CAÑÓN	RODAL	ESPECIE	SITIO					
			1	2	3	4	5	6
LOS LIRIOS	1	1	1.47	1.14	1.56	1.93	1.52	1.52
		2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	2.25	1.63	1.50	2.00	1.92	1.59
		3	1.94	0.00	1.80	2.25	0.00	0.00
	3	1	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
		2	1.25	1.27	1.26	1.15	1.20	1.60
		3	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	2.00
JAMÉ	1	1	1.71	1.31	1.08	1.25	1.21	1.50
		2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	2.33	1.53	1.25	1.73	1.67	1.38
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	1.54	1.88	1.00	1.39	1.45	1.45

Cuadro 6. Análisis de varianza de incidencia por especie en Los Lirios en la Sierra de Arteaga, Coah. con datos corregidos $\sqrt{n+3}$

FV	GL	SC	CM	F	P F
REPETICIONES	5	1.811279	0.362256	0.2624	0.930
FACTOR A	2	6.576904	3.288452	2.3817	0.104
FACTOR B	2	44.324524	22.162262	16.0511	0.000
INTERACCIÓN	4	182.213013	45.553253	32.9921	0.000
ERROR	40	55.22937	1.380734		
TOTAL	53	290.155090			

CV= 33.43%

Cuadro 7. Análisis de varianza de incidencia por especie en Jamé en la Sierra de Arteaga, Coah. con datos corregidos $\sqrt{n+3}$.

FV	GL	SC	CM	F	P F
REPETICIONES	5	3.038635	0.607727	0.6894	0.637
FACTOR A	2	0.015747	0.007874	0.0089	0.992
FACTOR B	2	101.495911	50.747955	57.5661	0.000
INTERACCIÓN	4	204.184814	51.046204	57.9044	0.000
ERROR	40	35.262390	0.881560		
TOTAL	53	343.997498			

CV= 26.78%

Cuadro 8. Análisis por rangos (no paramétrico) de la severidad por especies en Los Lirios en la Sierra de Arteaga, Coah. con arreglo factorial AxB usando una extensión de la prueba de Kruskal y Wallis.

FV	GL	Hm	Significancia
ESP	2	5.35443322	
ESP LINEAL	1	1.5731388	
ESP (ERROR)	1		1
RODAL	2	4.52671156	
INTERACCION	4	22.2915825	**
ESP(L)*RODAL	1	35.4681818	**
ESP(ERROR)*RODAL	1	4.52671156	*
TRATAMIENTOS	8	32.1727273	**

* = significativo al 5 % = ($p < 0.05$)

**= significativo al 1 % = ($p < 0.01$)

Cuadro 9. Análisis por rangos (no paramétrico) de la severidad por especies en Los Lirios en la Sierra de Arteaga, Coah. con arreglo factorial AxB usando una extensión de la prueba de Kruskal y Wallis.

FV	GL	Hm	Significancia
ESP	2	13.36161616	**
ESP LINEAL	1	8.905723906	**

ESP (ERROR)	1	1
RODAL	2	0.274186308
INTERACCION	4	22.09618406 **
ESP(L)*RODAL	1	20.03787879 **
ESP(ERROR)*RODAL	1	0.274186308
TRATAMIENTOS	8	35.73198653 **

* = significativo al 5 % = (p < 0.05)

**= significativo al 1 % = (p < 0.01)

Cuadro 10. Datos de incidencia por cada sitio de muestreo en los cañones de Los Chorros, Huachichil y la Carbonera en la sierra de Arteaga, Coahuila.

Cañon	Rodal	Espece	1	2	3	4
		1	2	3	4	
Los Chorros	1		52.9411764			68.292682
		1	7	87.5	75	9
Huachichil	Oeste	1	3.22580645	3.2258064		
		2	0	0	0	0
	Este	1	2	5	0	0
		2	8	8	5	7
	2	1	0	0	0	4.8780487
			0	0	0	8

		2	2.56410256 4	22	4.6511627 9	36.585365 9
		1	8.51063829 8	11.475409 8	5.5555555 6	8.5138678 9
Carbonera	1	2	2.12765957 4	0	0	0

Cuadro 11. Datos de severidad por cada sitio de muestreo en los cañones de Los Chorros, Huachichil y la Carbonera en la sierra de Arteaga, Coahuila.

Cañon	Rodal	Especie	1	2	3	4
Los Chorros	1	1	1.3888888 9	1.5357142 9	1.3809523 8	1.2142857 1
		2	0	0	0	0
Huachichi I	oeste1	1	3	1	0	0
		2	1.2380952 4	1.2666666 7	1.5333333 3	1.85
	este2	1	0	0	0	1
		2	1	1.2727272 7	1	1.5333333 3
Carbonera	1	1	1	1	1	1
		2	1	0	0	0

Cuadro 12. Análisis de varianza de incidencia por especie en los cañones de Los Chorros, Huachichil y la carbonera en la sierra de Arteaga, Coahuila con datos corregidos $\sqrt{n+1}$

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	3	3.462616	1.154205	1.4866	0.246
FACTOR A	3	43.100800	14.366933	18.5039	0.000
FACTOR B	1	0.359985	0.359985	0.4636	0.510
INTERACCION	3	203.686920	67.895638	87.4463	0.000
ERROR	21	16.304962	0.776427		
TOTAL	31	266.915283			

Cuadro 13. Análisis por rangos (no paramétrico) de la severidad por especies los en los cañones de Los Chorros, Huachichil y la carbonera, en la sierra de Arteaga, Coahuila con arreglo factorial AxB usando una extensión de la prueba de Kruskal y Wallis.

FV	GL	Hm	
ESP	1	0.15660511	
ESP LINEAL	1	0.62642045	
ESP (ERROR)	1	1	
RODAL	3	2.88565341	
INTERACCION	3	16.9208097	**
ESP(L)*RODAL	1	14.5234375	**

ESP(ERROR)*RODAL	1	2.88565341	
TRATAMIENTOS	7	19.9630682	**

* = significativo al 5 % = (p < 0.05)

**= significativo al 1 % = (p < 0.01)